

Centre de Recherche pour l'Etude et l'Observation des Conditions de Vie  
**Crédoc**

*Collection*

# des rapports

Mai 1989

N° 60

**CREDOC**  
"Bibliothèque"  
142, rue du Chevaleret  
75013 PARIS  
Tél. : (1) 40 77 85 06



PREVISIONS A LONG TERME DU TRAFIC AUTOMOBILE



Crédoc - Collection des rapports.  
N° 60. Mai 1989.

CREDOC•Bibliothèque



Jean-Loup MADRE  
Thierry LAMBERT

PREVISIONS A LONG TERME DU TRAFIC AUTOMOBILE

Jean-Loup MADRE - Thierry LAMBERT

Etude réalisée pour  
la Direction des Routes  
et le  
Service d'Etudes Techniques  
des Routes et Autoroutes

# S O M M A I R E

<b>SYNTHESE.</b> .....	3
<b>INTRODUCTION.</b> .....	13
<b>Chapitre I - DONNEES ET COMPORTEMENTS.</b> .....	17
1 - PARC AUTOMOBILE : UNE CROISSANCE LINEAIRE LEGEREMENT RALENTIE .....	19
2 - LA CIRCULATION. ....	23
2-1. Parcours des ménages et trafic sur le réseau national. ....	23
2-2. Circulation et construction d'autoroutes.....	24
3 - L'EFFET DU REVENU REEL ET DES PRIX RELATIFS.....	27
4 - LES DIFFERENTES GENERATIONS AU VOLANT. ....	29
4-1. Permis : les femmes rattrapent les hommes. ....	29
4-2. Vers une saturation de l'équipement.....	34
4-3. L'usage diminue au cours de la vie. ....	36
<b>Chapitre II - LES MODELES.</b> .....	39
1 - PARC AUTOMOBILE ET CIRCULATION TOTALE.....	41
1-1. L'approche parc et parcours.....	41
1-2. L'approche démographique.....	44
2 - CIRCULATION SUR LE RESEAU ROUTIER NATIONAL. ....	46
2-1. Les variables explicatives.....	46
2-2. Les modèles.....	47
2-3. Les résultats. ....	48
<b>Chapitre III - LES PREVISIONS.</b> .....	51
1 - LES HYPOTHESES.....	53
2 - LES RESULTATS. ....	55
2-1. Le parc automobile des ménages.....	55
2-2. La circulation.....	55
2-3. Sensibilité aux hypothèses et compatibilité des prévisions.....	61
<b>CONCLUSION.</b> .....	63
<b>Annexe II ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE.</b> .....	75
<b>Annexe III LES COMPORTEMENTS DE MOTORISATION PAR CATEGORIE DE MENAGES.</b> .....	81
<b>Annexe IV MODELES LOGARITHMIQUES ET EN VARIATION RELATIVE ANNUELLE.</b> .....	87
<b>Annexe V SYMBOLES REPRESENTANT LES VARIABLES.</b> .....	93
<b>Annexe VI PROJECTIONS DES TRAFICS SUR LE RESEAU NATIONAL VARIANTE : REVENU + 3 % PAR AN JUSQU'EN 1992.</b> .....	97
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	101

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°1	EVOLUTION DE DIFFERENTS INDICATEURS DE L'EQUIPEMENT DES MENAGES EN AUTOMOBILE.....	20
Tableau n°2	FACTEURS DE LA CROISSANCE DU PARC AUTOMOBILE DES MENAGES. ....	21
Tableau n°3	MOTORISATION SELON LE NOMBRE D'ACTIFS DU MENAGE EN 1974 ET 1987.....	22
Tableau n°4	COMPARAISON DES TRAFICS EVALUES PAR DIFFERENTES SOURCES.....	23
Tableau n°5	PARCOURS SUR LE RESEAU NATIONAL.....	25
Tableau n°6	LONGUEUR DES AUTOROUTES.....	26
Tableau n°7	EVOLUTION DU KILOMETRAGE MOYEN PAR VOITURE SELON LE TYPE DE CARBURANT.....	27
Tableau n°8	PRINCIPAUX FACTEURS EXPLICATIFS DE LA CIRCULATION.....	28
Tableau n°9a	POURCENTAGE DE TITULAIRES DU PERMIS.....	31
Tableau n°9b	POURCENTAGE DE TITULAIRES DU PERMIS SUIVANT LES GENERATIONS.....	31
Tableau n°10a	PERMIS ET CONDUITE EFFECTIVE SUIVANT LES GENERATIONS.....	32
Tableau n°10b	PERMIS ET CONDUITE EFFECTIVE SELON L'AGE ET LE SEXE.....	33
Tableau n°11	EVOLUTION DE LA DEMOTORISATION SELON L'AGE DU CHEF DE MENAGE.....	36
Tableau n°12	LES HYPOTHESES.....	54
Tableau n°13	PROJECTIONS DU PARC AUTOMOBILE ET DE LA CIRCULATION TOTALE DES MENAGES : COMPARAISON DU MODELE DE CRAMER ET DE LA METHODE DEMOGRAPHIQUE.....	56
Tableau n°14	PROJECTION DES PARCOURS.....	59
Tableau n°15	PROJECTION EN DEBIT.....	60

## LISTE DES GRAPHIQUES

Graphique n°1	EVOLUTION DU NOMBRE DE VOITURES PAR ADULTE SELON LE NIVEAU DE REVENU.....	27
Graphique n°2	EVOLUTION DU POURCENTAGE DE MENAGES EQUIPES AU COURS DU CYCLE DE VIE POUR DIFFERENTES GENERATIONS.....	35
Graphique n°3	EVOLUTION DU NOMBRE MOYEN DE VOITURES PAR ADULTE AU COURS DU CYCLE DE VIE POUR DIFFERENTES GENERATIONS.....	35
Graphique n°4	EVOLUTION DU KILOMETRAGE MOYEN PAR VOITURE AU COURS DU CYCLE DE VIE POUR DIFFERENTES GENERATIONS.....	37

**S Y N T H E S E**

La planification des investissements pour les grandes infrastructures de transport (par exemple, la relance du programme autoroutier par le Comité Interministériel d'Aménagement du Territoire d'avril 1987) suppose une prospective à long terme (ici horizon 2010) de la demande, donc des trafics. La voiture particulière tient une place prépondérante dans ces trafics, puisqu'en France les véhicules légers représentent plus de 80 % des parcours tant sur les grandes routes que sur les autoroutes. Le principal facteur qui détermine l'évolution de la circulation est la croissance du parc. Nous procédons donc en deux étapes, traitant d'abord de l'équipement des ménages en automobile, puis de l'usage de ces véhicules. Nous proposons deux approches pour ces projections : des méthodes économétriques classiques et une méthode démographique.

Ces projections reposent sur un jeu d'hypothèses en matière d'évolution des revenus, des prix des carburants et de la longueur des autoroutes en service. Les scénarios concernant le revenu réel des ménages ne sont différenciés qu'à partir de 1992. Pour les carburants, on a distingué la stabilité du prix relatif, son augmentation (reprise des chocs pétroliers) et un scénario "bas" (harmonisation des fiscalités entraînant une baisse jusqu'à la fin du siècle, puis reprise de la tendance à la hausse). La construction de nouvelles autoroutes est programmée jusqu'à la fin du siècle ; au-delà on a supposé un ralentissement sensible du rythme des constructions.

## **1 - PROJECTION DU PARC ET DE LA CIRCULATION TOTALE PAR LA METHODE DEMOGRAPHIQUE**

### **1-1. Les grandes phases de diffusion de l'automobile.**

Comme l'essor de l'automobile n'a commencé que dans les années 50 en Europe, les générations successives ont eu un accès très inégal à la voiture particulière. La méthode démographique repose sur l'observation de la motorisation de chaque génération (définie comme l'ensemble des ménages dont le chef est né pendant la même décennie) au cours d'une vingtaine d'années de son cycle de vie. Comme, avec le développement de la seconde voiture, l'automobile est un bien de plus en plus individuel, on a mesuré la motorisation par le

nombre moyen de voitures par adulte, c'est-à-dire par personne en âge de conduire (18 ans ou plus pour l'instant en France).

Jusqu'au milieu des années 60, toutes les générations ont accru leur équipement en automobiles, c'est la phase de grande diffusion. Puis, entre le milieu des années 60 et le milieu des années 80, les trajectoires des différentes générations sont pratiquement parallèles et ne semblent pas affectées par les chocs pétroliers : la diffusion de l'automobile a atteint un rythme de croisière. Enfin, si l'on considère le comportement des deux plus jeunes générations, l'écart qui sépare leurs trajectoires est plus faible que celui qui sépare celles de leurs aînés : on entre dans une phase de saturation. Les données les plus récentes montrent que :

- l'écart entre les courbes des deux plus jeunes générations est principalement imputable à la seconde voiture et non aux ménages sans voiture comme chez leurs aînés ;
- les jeunes se motorisent de plus en plus tôt : les courbes se décaleraient maintenant un peu vers la gauche, faute de pouvoir se déplacer encore beaucoup vers le haut ;
- mais la motorisation des jeunes est de plus en plus instable : achat et revente de véhicules d'occasion assez anciens avec des périodes sans voiture.

#### **1-2. Une méthode de projection qui rend bien compte des tendances actuelles.**

Compte tenu du parallélisme de ces courbes, il nous a paru légitime de les extrapoler. On a prolongé la tendance à la saturation en reportant un écart de plus en plus faible entre les nouvelles générations. La principale objection à cette extrapolation parallèle des trajectoires provient de la démotorisation des personnes âgées. Jusqu'à présent, le nombre moyen de voitures par adulte ne diminue pas avant 80 ans, même chez les ménages les plus aisés donc les mieux équipés de leur génération. Par contre, à partir de 55 ans, on roule de moins en moins, notamment à cause de la disparition des motifs de déplacement liés au travail. Toutefois, les ménages dont le chef atteint actuellement un âge avancé sont encore peu équipés ; la baisse du niveau de motorisation pourrait être plus sensible et se manifester plus tôt quand les générations qui ont eu un large accès à la seconde voiture arriveront à l'âge de la retraite.

Sous ces hypothèses de parallélisme des trajectoires et d'approche progressive de la saturation, le parc automobile des ménages devrait augmenter de plus de 500.000 voitures par an jusque vers la fin du siècle et de moins de 400.000 entre 2000 et 2010. En 2010, 13 % des ménages seraient sans voiture et 35 % en auraient au moins deux. Si l'on compare ces résultats avec ceux du modèle de Cramer, on constate que la méthode démographique décrit mieux les tendances actuelles : la seconde voiture explique l'essentiel de la croissance du parc, alors que le pourcentage de ménages équipés stagne. Le modèle démographique introduit la saturation de manière beaucoup plus progressive et renvoie son horizon au milieu du siècle prochain, alors que les fonctions probit donnent des progressions uniformes quelle que soit l'évolution des revenus dès qu'on s'approche de l'asymptote (après l'an 2000). Enfin, il semble bien que le facteur-temps (indépendant du revenu) dans le modèle de Cramer traduit en fait le remplacement des générations ; il ne faudrait donc pas maintenir constant le coefficient de ce facteur pour les projections.

### **1-3. Effet du vieillissement de la population sur la circulation totale.**

Nous considérons la circulation totale comme produit du parc automobile analysé ci-dessus et du kilométrage, il faudrait rassembler des éléments provenant des deux approches : la méthode démographique pour l'effet du vieillissement de la population, la méthode économétrique pour l'influence du revenu et des prix. La synthèse entre ces différents points de vue reste à faire.

Si l'on suit le comportement des générations successives sur la période 1977-1986, on constate que les différentes courbes se raccordent assez bien. La seule exception est un saut d'environ 1000 km par voiture et par an au niveau des générations nées dans les années 30. On peut donc extrapoler ces courbes en maintenant ce saut de 1000 km. Les effets conjugués de l'usage plus intensif des véhicules par les générations nées à partir des années 30 et du vieillissement de la population conduisent le kilométrage moyen par voiture à diminuer de plus en plus vite au cours de la période étudiée : -0,5 % pour l'ensemble des années 80, -1,5 % dans les années 90 et -2 % de 2000 à 2010. En outre, la part de la circulation imputable aux ménages dont le chef a plus de 58 ans devrait doubler entre 1980 et 2010, où elle pourrait avoisiner 28 % ; symétriquement celle des "moins de 40 ans" devrait tomber de 48 % à 30 %, ce qui change beaucoup la nature des problèmes en matière de sécurité routière.

Les résultats de l'analyse économétrique des séries sont encore fragmentaires. L'influence du prix des carburants semble comporter un effet de seuil, car l'élasticité diminue beaucoup si l'on exclut le premier choc pétrolier de la série analysée. Par ailleurs, le rajeunissement du parc automobile a pris le relais de la baisse du prix de l'essence pour expliquer la croissance actuelle des kilométrages ; on peut estimer que cette tendance va se prolonger à court ou moyen terme, stimulée par la baisse de la TVA sur les voitures neuves et par l'instauration du contrôle technique périodique des véhicules.

## 2 - CIRCULATION SUR LES ROUTES NATIONALES ET SUR LES AUTOROUTES.

### 2-1. Analyse des séries.

Concentrons maintenant notre attention sur les grands axes : routes nationales et autoroutes avec ou sans péage. Nous analysons la circulation totale par type de réseau au moyen de modèles économétriques. La formulation linéaire a été adoptée pour obtenir une bonne agrégation des prévisions sur les différents réseaux. Les variables explicatives retenues sont le revenu réel, le parc automobile, les prix relatifs et la longueur des autoroutes en service.

C'est l'estimation de l'effet du revenu qui est la plus difficile en raison de sa corrélation avec le parc jusqu'à présent. Il faut toutefois remarquer que, plus l'équipement des ménages évolue vers la saturation, plus la liaison entre ces variables s'affaiblira. Un effet propre du revenu pourrait alors prendre le relais du parc comme moteur de la circulation ; mais l'estimation de cet effet reste imprécise à partir de l'observation du passé récent. Comme la méthode démographique rend bien compte de l'évolution du parc sans faire appel au revenu, on a choisi la série ainsi obtenue pour calculer les projections de trafics.

Sur les routes nationales, la croissance du trafic imputable à l'augmentation du parc automobile est nettement plus faible qu'un accroissement proportionnel (élasticité d'environ 0,4). Ceci peut traduire la baisse des kilométrages moyens par voiture, mais aussi la substitution avec l'utilisation des autoroutes (non explicitement prise en compte) et la vigueur des trafics locaux, dont témoignent les autoroutes péri-urbaines. L'élasticité résultante pour l'ensemble du réseau national (routes nationales + autoroutes) est de l'ordre de 0,6.

L'exemple de l'année 1987 montre que c'est bien le prix des carburants, plutôt que l'ensemble des coûts d'utilisation des véhicules, qui influe sur la circulation ; en effet, cette année-là, le prix de l'essence est resté stable alors que les tarifs des garagistes, récemment libérés, augmentaient substantiellement. La sensibilité au prix des carburants est modérée, plus forte sur les autoroutes de liaison (élasticité d'environ -0,3) que sur les routes nationales (environ -0,2). La sensibilité des usagers aux péages semble un peu plus faible que celle au prix des carburants.

Le trafic correspondant à la construction de nouvelles autoroutes à péage est moins dense que la circulation existante (élasticité de 0,6 à 0,8). En effet, les nouveaux tronçons sont "moins rentables" que le réseau de base. Il n'a pas été possible de mettre en évidence l'effet négatif de la croissance du réseau autoroutier sur le trafic des routes nationales, car les déterminants de la circulation sur les différents réseaux sont voisins, même s'ils n'agissent pas partout avec la même intensité. Enfin, le trafic induit sur l'ensemble du réseau national, compte tenu de la baisse de la circulation sur les routes nationales doublant les nouveaux itinéraires, répond à une élasticité de l'ordre de 0,2 aux longueurs mises en service.

## 2-2. Les prévisions.

Sur les routes nationales, donc à longueur constante, on n'observe pas de ralentissement sensible par rapport à une tendance linéaire. En effet, dans les années 2000, la croissance des revenus prend le relais de celle du parc automobile. Pour l'ensemble du réseau national, le ralentissement des constructions d'autoroutes concédées se fait sentir après l'an 2000 : on part d'un rythme de 3 à 4 % par an pour baisser vers 2 % dans l'hypothèse "lente", rester à 3 % dans l'hypothèse "médiane" et monter au-dessus de 4 % dans l'hypothèse "rapide".

Sur les routes nationales, si le prix de l'essence restait stable en Francs constants, la circulation pourrait croître de manière linéaire sur la base de 2 à 2,5 % du trafic de 1987 par an, dans le cadre de l'hypothèse médiane de progression des revenus. Ce taux pourrait tomber vers 1,5 % si les revenus augmentaient lentement, et s'accélérer de 2,5 % à 4,5 % en cas de croissance rapide. Sur les autoroutes, jusqu'à la fin du siècle, la progression du trafic devrait rester forte : 4 à 6 % par an pour les liaisons interurbaines, un peu plus faible en milieu péri-urbain. Le ralentissement du rythme de construction après l'an 2000 ferait baisser ces taux de croissance de 1 à 2 points ; l'arrêt de toute ouverture de nouveau

tronçon dès maintenant diminuerait les taux de croissance du trafic sur les autoroutes concédées de 1,5 point, et entraînerait d'ici à 2010 un doublement de la densité moyenne du trafic.

A titre de contrôle, on a calculé les débits annuels moyens (parcours rapportés aux longueurs des réseaux) correspondant à ces prévisions. Dans un premier temps, le programme de construction d'autoroutes concédées lancé en 1987 devrait faire diminuer un peu la densité moyenne du trafic. Mais elle devrait augmenter à nouveau à partir d'une date d'autant plus proche que les revenus progresseront vite et que le prix relatif de l'essence diminuera ; compte tenu du ralentissement des constructions envisagé après l'an 2000, cette inversion de tendance se produira au plus tard vers la fin du siècle. Sur les autoroutes périurbaines la congestion du trafic devrait se développer moins vite qu'au cours des quinze dernières années. C'est sur les routes nationales que les débits devraient augmenter le plus. Il faudrait alors aménager les chaussées et étaler les pointes de trafic pour faire face à la demande ; la prise en compte des accroissements de capacité par élargissement des infrastructures et celle des encombrements pourraient améliorer nos modèles.

Malgré la bonne adéquation de la plupart des modèles pour décrire la période 1972-87, ces prévisions restent fragiles. Les coefficients estimés avec la plus grande marge d'incertitude sont ceux du revenu ; or, ils influent beaucoup sur les résultats. Selon les hypothèses faites en la matière, l'écart est de 25 % entre les scénarios extrêmes en 2010 ; cette sensibilité aux hypothèses de revenu est nettement plus forte que celle que l'on observe en fonction des différentes évolutions envisagées pour le prix relatif des carburants. Devant l'accélération de la croissance économique en 1987 et 1988, on a testé comme variante un accroissement de 3 % par an des revenus réels jusqu'en 1992 (au lieu des 2 % retenus comme hypothèse principale) ; il en résulte un accroissement de 3 % du trafic total sur le réseau national en 1995, mais les taux de progression annuelle sont peu modifiés.

Les deux approches développées ici fournissent des éclairages complémentaires sur les projections à long terme. L'une met en lumière les effets de génération et repose sur le domaine où les prévisions sont les mieux établies : la démographie. L'autre est fondée sur une analyse économique des comportements en fonction des évolutions de prix et de revenu et se prête bien à l'exploration de nombreux scénarios ; les effets-revenu pourraient y être précisés en distinguant une composante tendancielle et une composante conjoncturelle. Une analyse économique du comportement des différentes générations permettrait de faire la synthèse entre ces deux optiques en introduisant plus de souplesse dans le modèle

démographique. Enfin, la prise en compte des effets de la construction de nouvelles autoroutes pourrait être complétée par une réflexion sur les problèmes de congestion.

## INTRODUCTION

Cette étude a été financée par le S.E.T.R.A. pour le compte de la Direction des Routes. Elle s'inscrit dans la continuité du programme de recherches sur l'Automobile et le comportement des ménages face à la crise impulsé par la DGRST en 1981, qui a permis d'approfondir l'analyse dynamique de l'équipement des ménages en voitures particulières et de l'utilisation des véhicules [24 et 25]. Suite à la relance du programme autoroutier décidée par le Comité Interministériel d'Aménagement du Territoire d'avril 1987, il semble intéressant de modéliser les comportements observés et d'en déduire des méthodes pour préciser les perspectives de la circulation sur le réseau routier national.

Comme elles sont élaborées dans le cadre de la programmation des investissements, il s'agit de prévisions à long terme (jusqu'à 2010). Cet horizon est éloigné, ce qui rend les projections périlleuses ; il ne semble cependant pas que d'ici là une large diffusion d'innovations technologiques majeures [15] ou une pénurie physique de carburant puisse bouleverser de manière importante l'environnement technique et économique de l'automobile.

Nous nous situons à un niveau macro-économique de projections nationales par grande catégorie de trafic : ensemble de la circulation, trafic sur routes nationales, autoroutes concédées, non concédées. Toutefois, nos méthodes de prévisions reposent sur des analyses de comportement de type méso-économique : par niveau de revenu (modèle de Cramer) ou par génération. Le facteur déterminant les trafics est le nombre des véhicules en circulation ; c'est pourquoi nous traiterons de manière relativement indépendante les comportements d'équipement et d'usage. Précisons aussi que ces travaux s'appuient sur les projections démographiques de l'INSEE [17 et 18] et sur des scénarios économiques élaborés à l'OEST. Nous tenons à remercier nos correspondants dans cet organisme ainsi que nos interlocuteurs du SETRA et de la Direction des Routes pour leur concours (élaboration de données statistiques, contribution à la réflexion,...).

L'analyse des comportements repose principalement sur l'exploitation des enquêtes INSEE de Conjoncture auprès des Ménages. Elle porte donc sur l'utilisation des voitures particulières (hors petits véhicules utilitaires) dont disposent les ménages résidant en France. Il s'agit là d'une part très importante des trafics ; le chapitre I précisera ses relations avec la circulation observée sur le réseau national par le SETRA. Il analysera aussi les aspects des comportements susceptibles d'être modélisés et d'être utilisés pour des

projections à long terme. Nous renvoyons le lecteur à l'annexe 1 pour une présentation des améliorations apportées au traitement des enquêtes de Conjoncture et des nouveaux calculs de séries auxquels elles conduisent. Pour ces projections le chapitre II présente deux approches reposant chacune sur un des principaux critères de différenciation du comportement automobile des ménages : des méthodes économétriques classiques privilégiant les effets-revenu et une méthode démographique mettant en évidence les effets d'âge et de génération. Cette dernière est particulièrement intéressante compte tenu de l'essor relativement récent de l'automobile en Europe.

Dans ces deux premiers chapitres, nous développerons principalement la méthodologie en présentant les observations qui nous ont guidés dans la manière de modéliser les phénomènes. En nous appuyant sur les travaux de prospective [13, 22, 23 et 28] qui cernent les tendances les plus probables, nous tenterons au chapitre III de quantifier les perspectives de la circulation. Différentes hypothèses sur l'évolution des revenus réels et du prix relatif des carburants permettront de tester la sensibilité des résultats et de situer les plages d'incertitude.

Phasage de l'étude	Méthodes employées
Evolution du parc et de la circulation globale	- Méthode économétrique - Méthode démographique
Evolution de la circulation sur le réseau national	- Modèles linéaires - Modèles logarithmiques

**Chapitre I**

**DONNEES ET COMPORTEMENTS**

Avant de présenter les modèles, il nous faut décrire les données sur lesquelles ils seront ajustés et les comportements dont ils rendront compte. Signalons tout d'abord que notre source statistique principale pour l'analyse des comportements est constituée par l'enquête INSEE de Conjoncture auprès des Ménages. Ces travaux de projection nous ont fourni l'occasion d'une refonte importante de nos fichiers et d'améliorations dans le calcul des séries pour les indicateurs caractérisant le comportement automobile des ménages (nombre moyen de voitures par adulte, kilométrages,...) ; ces points techniques sont traités dans l'annexe 1.

L'évaluation des trafics ne peut pas être abordée sans une bonne connaissance préalable du parc automobile en circulation. Nous présenterons ensuite l'articulation entre les deux principales approches pour évaluer ces trafics : par catégorie de véhicule ou par réseau. Nous présenterons aussi les séries de revenus et de prix utilisables comme variables explicatives dans les modèles ; l'analyse de leurs corrélations laisse entrevoir les limites de la méthode économétrique. Les principaux traits généraux du comportement automobile des ménages sont maintenant bien connus [7, 19, 26] : relations entre l'équipement et le revenu, entre l'usage et le prix des carburants. Nous développerons seulement un aspect nouveau qui nous a semblé fécond pour une analyse prospective : l'étude du comportement des générations successives.

## **1 - PARC AUTOMOBILE : UNE CROISSANCE LINEAIRE LEGEREMENT RALENTIE.**

Sur toute la période étudiée, on observe une croissance continue du parc automobile des ménages (tableau 1) ; il passe de 11,9 millions de véhicules en 1972-73 à 21,2 millions en 1986-87, soit une croissance de 77 %. Parmi les deux facteurs qui expliquent cette progression, l'augmentation de l'équipement est dominante puisque le nombre des ménages s'accroît seulement de 24 % et celui des personnes en âge de conduire de 19 %. Le ralentissement de la croissance du parc observée au tableau 2 est plus liée au facteur démographique qu'au ralentissement de l'équipement.

tableau n°1

EVOLUTION DE DIFFERENTS INDICATEURS  
DE L'EQUIPEMENT DES MENAGES EN AUTOMOBILE

Années	% de ménages		Nbre moyen de voitures		Nombre de ménages (en milliers)	Parc automobile
	non équipés	multi équipés(1)	par adulte	par ménage		
1972	38.9	11.2	0.345	0.706	16400	11.600
1973	37.7	12.5	0.362	0.732	16.800	12.300
1974	35.8	14.4	0.380	0.764	17.200	13.100
1975	35.0	16.0	0.395	0.787	17.200	13.100
1976	34.0	16.8	0.403	0.801	17.700	14.200
1977	33.6	18.2	0.409	0.815	18.100	14.700
1978	32.1	19.3	0.424	0.844	18.500	15.700
1979	31.5	21.4	0.438	0.868	18.900	16.400
1980	31.0	23.5	0.451	0.887	19.100	16.900
1981	29.6	24.6	0.460	0.908	19.200	17.400
1982	28.4	26.4	0.476	0.935	19.600	18.300
1983	27.6	27.6	0.489	0.955	19.800	18.900
1984	27.0	28.1	0.498	0.965	20.000	19.300
1985	26.2	29.8	0.508	0.990	20.300	20.100
1986	25.1	31.7	0.522	1.015	20.600	20.900
1987	24.7	33.7	0.529	1.033	20.70	21.400

Sources : Enquêtes INSEE de Conjoncture auprès des ménages d'octobre.

(1) Parmi les ménages comptant au moins deux voitures.

Tableau n°2

## FACTEURS DE LA CROISSANCE DU PARC AUTOMOBILE DES MENAGES

	De 1972-73 à 1979-80	De 1979-80 à 1986-87	De 1972-73 à 1986-87
Accroissement annuel moyen (milliers) du nombre de :			
- ménages	340	240	290
- voitures	675	645	660
Croissance de :			
- nombre des ménages	+ 14 %	+ 9 %	+ 24 %
- motorisation (voitures/ménage)	+ 22 %	+ 17 %	+ 43 %
- parc automobile	+ 39 %	+ 27 %	+ 77 %

Source : INSEE, Enquêtes de Conjoncture auprès des ménages.

Sur la période étudiée, 57 % de la croissance du parc sont imputables au multi-équipement, contre seulement 21 % entre 1960 et 1972. Son développement est très lié à celui des ménages de deux actifs, résultant du travail féminin : en mai 1987, les deux tiers des ménages multi-équipés ont deux actifs (tableau 3). Les ménages qui ont au moins trois voitures représentent 2,1 % des ménages en mai 1987, contre seulement 0,7 % en mai 1974 ; plus de 40 % d'entre-eux sont des ménages comptant au moins trois actifs. Ces ménages sont en régression contrairement à ceux de deux actifs. Malheureusement, ces observations sont peu utilisables pour des prévisions car il n'existe pas à notre connaissance de projections à long terme des ménages selon le nombre de leurs actifs.

Tableau n°3

## MOTORISATION SELON LE NOMBRE D'ACTIFS DU MENAGE EN 1974 ET 1987

Nombre d'actifs Année	Nombre de voitures du ménage									
	0		1		2		3 ou plus		Ensemble	
	74	87	74	87	74	87	74	87	74	87
<u>% en ligne</u>										
Pas d'actifs	76	55	23	41	1	4	0	0	100	100
Un seul actif	32	20	59	62	9	17	0	1	100	100
Deux actifs	16	5	66	38	26	39	6	19	100	100
Trois actifs ou +	17	4	51	38	26	39	6	19	100	100
<b>ENSEMBLE</b>	<b>37</b>	<b>25</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>10</b>	<b>21</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<u>% en colonne</u>										
Pas d'actifs	50	65	11	23	2	5	0	3	24.1	29.0
Un seul actif	34	28	45	42	34	28	22	15	40.0	34.8
Deux actifs	13	6	38	32	49	59	33	42	30.0	31.8
Trois actifs ou +	3	1	6	3	15	8	45	40	5.9	4.4
<b>ENSEMBLE</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

Sources : Enquêtes INSEE de Conjoncture auprès des ménages de mai.

Par contre, l'âge est une variable couramment disponible dans les projections démographiques. Comme l'essor de la voiture particulière n'a commencé que dans les années 50 en Europe, les générations successives ont eu un accès très inégal à l'automobile. On peut noter que 65 % des ménages sans voiture ont une personne de référence de plus de 58 ans ; or, parmi ces dernières, 45 % n'ont pas le permis et 12 % ne conduisent plus. Les générations qui ont peu eu accès à l'automobile sont remplacées par des jeunes qui passent le permis très tôt. Il en résulte une lente régression des ménages sans voiture. Nous reviendrons sur ce phénomène vers la fin de ce chapitre.

## 2 - LA CIRCULATION

### 2-1 Parcours des ménages et trafic sur le réseau national.

En multipliant le parc (déterminé ci-dessus) par le kilométrage moyen par voiture (toujours calculé à partir des enquêtes de Conjoncture) on obtient une estimation de la circulation automobile des ménages (tableau 4). Cette circulation n'est pas directement comparable à celle qui est observée par le SETRA sur le réseau routier national. En effet, les ménages résidant en France enquêtés par l'INSEE roulent aussi à l'étranger (environ 3 % de leurs parcours) ; et même en France, les automobilistes utilisent aussi la voirie locale. D'après les premiers résultats du panel SECODIP, entre avril 1987 et mars 1988, les automobilistes ont effectué 15 % de leur kilométrage sur autoroute, 55 % sur route et 30 % en ville. Pour 1984, l'enquête sur les assurances donne des résultats comparables pour la part de l'urbain et seulement 13 % pour les autoroutes.

Tableau n°4

#### COMPARAISON DES TRAFICS EVALUES PAR DIFFERENTES SOURCES

(En milliards de véhicules x kilomètres)

Année	Réseau national 1	Ménages 2	Rapport 3 = 1/2
1973	58.1	177.2	0.328
1974	58.5	170.4	0.343
1975	63.9	178.0	0.359
1976	68.3	183.8	0.372
1977	71.0	190.5	0.372
1978	75.2	202.7	0.371
1979	78.6	208.1	0.378
1980	81.0	220.5	0.367
1981	82.2	230.5	0.357
1982	84.5	231.9	0.365
1983	85.3	237.2	0.360
1984	86.0	248.0	0.347
1985	89.2	257.2	0.347
1986	95.5	274.3	0.348
1987	100.6	284.7	0.353

Sources : SETRA et INSEE Enquêtes de Conjoncture auprès des Ménages.

Quant aux comptages, ils ne permettent d'isoler chaque année la part des véhicules légers que pour les autoroutes concédées (depuis 1975 avec un repère en 1970) ; elle n'est connue qu'en 1970, 1975, 1980, 1983 et 1985 pour les routes nationales et seulement à ces trois dernières dates pour les autoroutes non concédées. Le trafic des véhicules légers concerne non seulement les ménages français, mais aussi les automobilistes étrangers et les voitures des sociétés qui ne sont pas mises à la disposition permanente d'un ménage. La répartition entre Français et étrangers des accidents de véhicules légers, seule statistique permettant d'approcher la ventilation des trafics, ne fait pas apparaître de croissance de la part des étrangers sur la période 1978-86. En outre, la circulation sur la voirie locale est très mal connue.

En recoupant ces différentes sources statistiques, on peut seulement constater que le trafic des véhicules légers sur le réseau national s'est développé plus vite que l'ensemble de la circulation des ménages de 1973 à 1979 et que cette tendance s'est inversée entre 1979 et 1985 ; on assiste actuellement à un nouveau retournement. Le faible dynamisme des trafics locaux dans les années 70 peut être rapproché du renouveau des transports collectifs urbains, dont la progression est sensiblement ralentie depuis le début de la décennie, c'est-à-dire depuis que les trafics automobiles locaux ont retrouvé une progression plus forte que sur le réseau national. Il ne s'agit là que d'une composante de la confrontation entre circulation totale des ménages et trafic sur le réseau national : une note de l'Observatoire National de Sécurité Routière [38] récemment actualisée par l'O.E.S.T. établit la cohérence entre les évaluations de la circulation par type de véhicule (voiture particulière, différentes catégories de véhicules utilitaires) et type de réseau (voirie nationale, départementale, urbaine,...).

## **2-2 Circulation et construction d'autoroutes.**

Entre 1972 et 1987, le volume de trafic écoulé par les autoroutes concédées a été multiplié par 4,4 ; il a triplé pour les autoroutes non concédées et augmenté de 35 % sur les routes nationales (tableau 5). L'effort important de construction d'autoroutes explique évidemment ces chiffres (tableau 6) ; si l'on rapporte la circulation à la longueur du réseau en service, le débit oscille sur les autoroutes concédées, augmente de moitié sur les autoroutes non concédées et de 35 % sur les routes nationales, dont la longueur (28.000 km) n'a pratiquement pas varié depuis le déclassement d'une partie du réseau intervenu au début des années 70. Signalons enfin l'augmentation des débits sur tous les réseaux depuis 1985, probablement imputable à la baisse du prix des carburants.

Tableau n°5

PARCOURS SUR LE RESEAU NATIONAL (En millions de véhicules-km)

Année	Autoroutes inter-urbaines		Autoroutes péri-urbaines	Routes nationales	Total
		dont : V.L.			
1972	7.080	6.315	7.030	52.780	66.890
1973	8.720	7.691	7.770	55.780	72.300
1974	9.710	8.477	8.640	54.560	72.910
1975	11.630	10.048	1.300	56.760	79.690
1976	13.820	11.830	12.810	58.210	84.840
1977	15.290	13.073	13.660	58.770	87.720
1978	17.180	14.500	14.670	60.980	92.830
1979	18.800	15.660	15.470	62.730	97.000
1980	20.190	16.657	15.740	63.840	99.770
1981	21.580	17.717	16.580	63.770	101.930
1982	23.050	18.947	17.580	64.790	105.420
1983	23.980	19.855	17.930	64.980	106.890
1984	24.600	20.320	18.480	64.270	107.350
1985	26.080	21.412	19.640	65.180	110.900
1986	28.870	23.789	20.710	68.580	118.160
1987	31.320	25.620	21.810	71.080	124.210

Source : SETRA.

Tableau n°6

## LONGUEUR DES AUTOROUTES (En kilomètres)

Année	Longueur des autoroutes (en km)			Débits (en millions de véhicules/an)		
	concedées	non concedées	Ensemble	Autoroutes concedées	Autoroutes non concedées	Routes nationales
1972	1.207	634	1.841	5.866	11.088	1.885
1973	1.424	756	2.180	6.124	10.278	1.993
1974	1.670	825	2.495	5.814	10.473	1.949
1975	1.997	885	2.882	5.824	12.768	2.027
1976	2.451	942	3.393	5.639	13.599	2.079
1977	2.838	993	3.830	5.389	13.756	2.099
1978	3.071	1.027	4.098	5.594	14.284	2.178
1979	2.393	1.074	4.367	5.709	14.404	2.280
1980	3.528	1.118	4.646	5.723	14.079	2.280
1981	3.843	1.174	5.017	5.615	14.123	2.273
1982	4.092	1.242	5.334	5.633	14.155	2.314
1983	4.234	1.267	5.501	5.664	14.152	2.321
1984	4.375	1.290	5.665	5.623	14.236	2.295
1985	4.518	1.326	5.844	5.772	14.811	2.328
1986	4.640	1.352	5.992	6.222	15.318	2.449
1987	4.701	1.360	6.061	6.662	16.037	5.539

Enfin, faute de disposer d'autres sources, nous n'avons pu distinguer les parcours en fonction du type de carburant que depuis 1984, c'est-à-dire depuis que cette dimension est intégrée à la grille des marques et modèles de l'enquête INSEE de Conjoncture. Le tableau 7 montre que la croissance du kilométrage moyen par voiture en 1986 et 1987 est entièrement imputable aux voitures à essence ; depuis 1985, l'usage moyen des véhicules diesels diminue. Ceci est cohérent avec les évolutions selon le rang de la voiture, puisque la progression de 1986 est principalement imputable aux secondes voitures et celle de 1987 aux véhicules des ménages mono-équipés ; or, les voitures diesels sont surtout "premières voitures" de ménages multi-motorisés. De plus, des nouveaux modèles apparaissent dans des niveaux de gamme plus bas qu'auparavant. On constate donc une certaine banalisation de l'usage des voitures diesels : le rapport des kilométrages est passé de 1,8 en 1985 à 1,6 en 1987. Mais la série analysée est trop courte pour qu'on puisse en déduire des projections à long terme.

Tableau n°7

EVOLUTION DU KILOMETRAGE MOYEN PAR VOITURE  
SELON LE TYPE DE CARBURANT

Type de carburant	1984	1985	1986	1987
Essence	12.300	12.200	12.500	12.600
Diesel	21.100	21.700	20.400	19.900
<b>Ensemble</b>	<b>12.830</b>	<b>12.770</b>	<b>13.130</b>	<b>13.270</b>

Sources : Enquête INSEE de Conjoncture auprès des ménages.

## 3 - L'EFFET DU REVENU REEL ET DES PRIX RELATIFS

Le niveau de revenu explique la motorisation tant à une date donnée, qu'en évolution si on le corrige de l'inflation (graphique 1). La croissance des revenus n'est cependant pas suffisante pour rendre compte du développement de l'équipement des ménages en automobile ; le modèle de Cramer développé au début du chapitre 2 introduit une composante temporelle indépendante du revenu dont nous essaierons de comprendre l'origine à l'aide du modèle démographique.

Graphique n°1

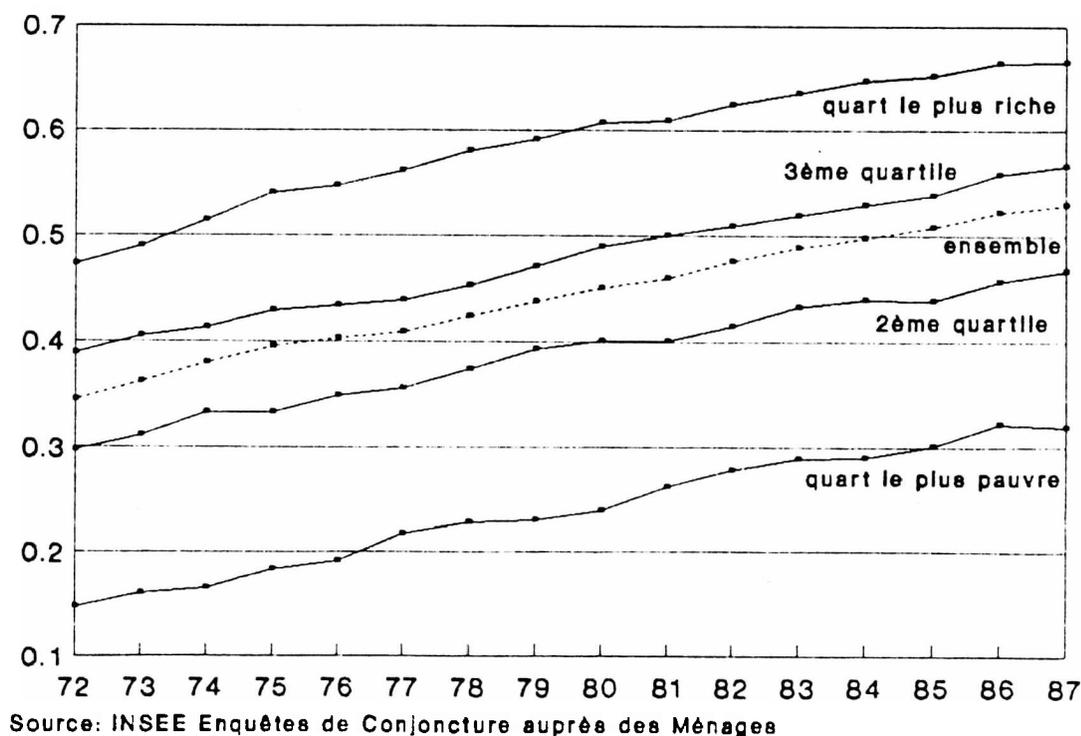
EVOLUTION DU NOMBRE DE VOITURES PAR ADULTE  
SELON LE NIVEAU DE REVENU

Tableau n°8

## PRINCIPAUX FACTEURS EXPLICATIFS DE LA CIRCULATION

Année	Parc auto des ménages	Revenu réel par ménage (1)	Prix relatifs (1980 = 100)		Péages (3)
			Carburants (2)	Utilisation véhicules (2)	
1972	11.600	93.780	75.2	84.5	129.6
1973	12.300	97.000	72.3	82.2	132.6
1974	13.100	98.200	90.3	92.2	120.4
1975	13.600	102.000	85.7	90.3	123.8
1976	14.200	102.500	84.6	90.6	122.2
1977	14.700	103.900	92.1	93.8	116.2
1978	15.700	106.300	93.0	95.5	111.4
1979	16.400	106.000	95.9	97.7	105.1
1980	16.900	104.700	100.0	100.0	100.0
1981	17.400	106.800	101.9	101.8	99.4
1982	18.300	107.300	103.6	103.5	97.8
1983	18.900	105.500	101.9	103.9	95.9
1984	19.300	103.400	102.2	105.0	93.8
1985	20.100	103.300	107.0	108.1	92.7
1986	20.900	105.500	89.2	101.1	95.5
1987	21.400	107.500	87.9	103.5	95.4

(1) Revenu disponible brut de la Comptabilité nationale rapporté au nombre des ménages.

(2) Indice INSEE des séries de consommation des ménages.

(3) Indice de la Direction des Routes.

NB - L'inflation est corrigée par l'indice des prix de la consommation des ménages (base 100 en 1980).

Sources : INSEE et Direction des Routes.

Les prix relatifs constituent aussi un facteur important des comportements économiques. On tentera d'isoler les éléments du coût d'utilisation des véhicules qui ont l'impact le plus net sur la circulation, selon qu'ils sont plus ou moins directement liés à un déplacement particulier donc à l'utilisation d'une infrastructure précise (carburant, péages,...). La principale difficulté provient du fait que les différents éléments de ce coût évoluent souvent de manière parallèle ; à cet égard, les hausses qui ont suivi la libération des tarifs des garagistes en 1987, année de stabilité du prix de l'essence, fournissent une indication précieuse.

Les résultats de la méthode économétrique seront donc limités par les corrélations observées sur la période 1972-87 entre les principaux facteurs explicatifs de la circulation pris en compte ici. Considérons le coefficient de corrélation entre les logarithmes des variables : il est de 0,900 entre le prix des carburants et l'ensemble des coûts d'utilisation des véhicules dont il est une composante importante. Celui des péages est de 0,966 avec le parc, de 0,953 avec la longueur des autoroutes concédées et de -0,826 avec le prix des carburants, ce qui rend difficile la mise en évidence de ce facteur. Enfin, la corrélation du parc est de 0,975 avec la longueur de l'ensemble du réseau autoroutier et seulement de 0,792 avec le revenu réel moyen par ménage.

#### **4 - LES DIFFERENTES GENERATIONS AU VOLANT**

La conduite d'une voiture suppose un apprentissage et le passage d'un examen : le permis de conduire. Les générations successives se trouvent donc dans une situation très différente selon l'âge qu'elles ont atteint à l'époque de l'essor de l'automobile. Quand on observe à une date donnée les différences de comportement (équipement ou usage) en fonction de l'âge, il faut donc faire la part de deux phénomènes :

- un effet de génération ; par exemple les gens nés vers 1900 avaient dépassé la cinquantaine, âge auquel il est moins aisé de se mettre à conduire, à l'époque où l'automobile a connu sa plus forte diffusion,

- le moment du cycle de vie, qui correspond à une phase plus ou moins intensive d'équipement et d'usage.

Pour démêler ces deux facteurs nous avons suivi les comportements des différentes générations au cours d'une vingtaine d'années. Commençons par les décrire au niveau individuel à partir de données sur le permis et sur la conduite effective. Nous traiterons ensuite du comportement des ménages (équipement et usage), qui servira de base pour les projections.

##### **4-1 Permis : les femmes rattrapent les hommes.**

Les tableaux 9a et 9b montrent que, plus que l'âge, c'est l'appartenance à une génération définie par référence à l'année de naissance, qui détermine la proportion de

titulaires du permis de conduire. Jusqu'au milieu des années 70, elle était maximale chez les 25-34 ans ; au milieu des années 80, elle culmine chez les 35-44 ans, c'est-à-dire toujours pour la génération née dans les années 40. Ceci n'empêche pas les jeunes de passer le permis de plus en plus tôt : environ 40 % de titulaires chez les 18-24 ans jusqu'au milieu des années 70, 64 % au milieu des années 80. Les différences entre hommes et femmes, très importantes chez les plus anciens (respectivement 68 % et 18 % de permis chez ceux qui sont nés avant 1909), se sont pratiquement estompées chez les jeunes (respectivement 65 % et 62 % chez les 18-24 ans) au milieu des années 80 (tableaux 10a et 10b). Quant à l'usage de l'automobile, la part de ceux qui, ayant le permis, ne conduisent pas augmente au cours du cycle de vie dès la trentaine chez les femmes et seulement à partir de la soixantaine chez les hommes.

Tableau n°9a

## POURCENTAGE DE TITULAIRES DU PERMIS

	18-24 ans	25-34 ans	35-44 ans	45-54 ans	55-64 ans	65 ans et plus	Ensemble
<b>1966-1967</b>							
<b>Ensemble</b>	<b>42.2</b>	<b>59.9</b>	<b>54.0</b>	<b>44.2</b>	<b>32.9</b>	<b>16.6</b>	<b>41.7</b>
<i>dont : chefs de ménage</i>	72.5	83.3	76.6	64.0	46.9	23.3	56.3
<b>1973-1974</b>							
<b>Ensemble</b>	<b>41.0</b>	<b>72.1</b>	<b>68.6</b>	<b>56.1</b>	<b>36.0</b>	<b>24.6</b>	<b>50.4</b>
<i>dont : chefs de ménage</i>	72.1	88.3	84.7	76.1	50.5	33.6	64.4
<b>1983-1986</b>							
<b>Ensemble</b>	<b>63.8</b>	<b>86.4</b>	<b>87.5</b>	<b>80.2</b>	<b>64.5</b>	<b>46.5</b>	<b>72.4</b>
<i>dont : chefs de ménage</i>	68.3	90.0	92.7	85.9	72.7	49.0	75.9

Tableau n°9b

## POURCENTAGE DE TITULAIRES DU PERMIS SUIVANT LES GENERATIONS

	1949- 1955	1939- 1948	1929 1938	1919- 1928	1909- 1918	Avant 1909	Ensemble
<b>1966-1967</b>							
<b>Ensemble</b>	-	<b>47.1</b>	<b>57.9</b>	<b>51.6</b>	<b>40.6</b>	<b>22.8</b>	<b>41.7</b>
<i>dont : chefs de ménage</i>	-	78.8	80.8	73.3	58.2	31.8	56.3
<b>1973-1974</b>							
<b>Ensemble</b>	<b>41.0</b>	<b>72.1</b>	<b>68.6</b>	<b>56.1</b>	<b>36.0</b>	<b>24.6</b>	<b>50.4</b>
<i>dont : chefs de ménage</i>	72.1	88.3	84.7	76.1	50.5	33.6	64.4
<b>1983-1986</b>							
<b>Ensemble</b>	<b>86.5</b>	<b>87.9</b>	<b>76.8</b>	<b>59.1</b>	<b>45.7</b>	<b>36.0</b>	<b>72.3</b>
<i>dont : chefs de ménages</i>	91.2	93.3	82.8	68.3	48.8	35.7	75.9

Tableau n°10a

## PERMIS ET CONDUITE EFFECTIVE SUIVANT LES GENERATIONS

A le permis Conduit	1973-74				1983-86			
	Oui	Oui Non	Non Non	Total	Oui	Oui NON	Non Non	Total
<b>Hommes et Femmes nés en :</b>								
1949-1955	37.2	3.9	58.9	100.0	80.7	5.8	13.5	100.0
1939-1948	67.1	5.0	27.9	100.0	81.3	6.5	12.1	100.0
1929-1938	63.3	5.4	31.3	100.0	69.5	7.3	23.2	100.0
1909-1918	28.8	7.3	63.9	100.0	30.9	14.8	54.3	100.0
Avant 1909	14.1	10.5	75.5	100.0	18.4	17.6	64.0	100.0
<b>Ensemble</b>	<b>44.1</b>	<b>6.4</b>	<b>49.5</b>	<b>100.0</b>	<b>64.6</b>	<b>7.8</b>	<b>27.7</b>	<b>100.0</b>
<b>Hommes nés en :</b>								
1949-1955	49.1	3.2	47.8	100.0	88.9	4.2	6.9	100.0
1939-1948	82.2	5.8	12.0	100.0	93.0	3.4	3.4	100.0
1929-1938	80.2	5.3	14.5	100.0	84.9	4.2	10.8	100.0
1919-1928	72.9	6.3	20.8	100.0	78.5	6.3	15.1	100.0
1909-1918	53.0	7.9	39.2	100.0	60.2	15.4	24.0	100.0
Avant 1909	28.8	17.8	53.4	100.0	44.7	23.5	31.8	100.0
<b>Ensemble</b>	<b>62.5</b>	<b>7.8</b>	<b>29.7</b>	<b>100.0</b>	<b>80.1</b>	<b>5.6</b>	<b>14.3</b>	<b>100.0</b>
<b>Femmes nées en :</b>								
1949-1955	27.9	4.5	67.6	100.0	72.1	7.4	20.3	100.0
1939-1948	53.3	4.3	42.4	100.0	71.1	9.3	19.8	100.0
1929-1938	44.3	5.4	50.3	100.0	54.5	10.4	35.2	100.0
1919-1928	28.5	6.0	65.5	100.0	27.3	12.8	60.0	100.0
1909-1918	10.2	6.8	82.6	100.0	11.0	14.4	74.9	100.0
Avant 1909	2.7	4.8	92.6	100.0	3.9	14.3	81.8	100.0
<b>Ensemble</b>	<b>27.9</b>	<b>5.2</b>	<b>67.0</b>	<b>100.0</b>	<b>50.7</b>	<b>9.7</b>	<b>39.5</b>	<b>100.0</b>

Sources : Enquête Transport INSEE 1973-74 ; enquêtes CREDOC sur les Aspirations et les conditions de vie des Français.

Tableau n°10b

## PERMIS ET CONDUITE EFFECTIVE SELON L'AGE ET LE SEXE

A le permis Conduit	1973-74				1983-86			
	Oui Oui	Oui Non	Non Non	Total Total	Oui Oui	Oui Non	Non NON	Total Total
<b>Age Hommes et femmes :</b>								
18 à 24 ans	37.2	3.9	58.9	100.0	59.6	4.2	36.1	100.0
25 à 34 ans	67.1	5.0	27.9	100.0	80.7	5.6	13.6	100.0
35 à 44 ans	63.3	5.4	31.3	100.0	81.0	6.2	12.8	100.0
45 à 54 ans	50.1	6.1	43.7	100.0	73.3	7.1	19.6	100.0
55 à 64 ans	28.8	7.3	63.9	100.0	57.7	8.9	33.4	100.0
65 ans et plus	14.1	10.5	75.5	100.0	33.0	14.2	52.9	100.0
<b>Ensemble</b>	<b>44.1</b>	<b>6.4</b>	<b>49.5</b>	<b>100.0</b>	<b>64.5</b>	<b>7.8</b>	<b>27.6</b>	<b>100.0</b>
<b>Age hommes :</b>								
18 à 24 ans	49.1	3.2	47.8	100.0	62.6	2.9	34.5	100.0
25 à 34ans	82.2	5.8	12.0	100.0	89.5	3.6	7.0	100.0
35 à 44 ans	80.2	5.3	14.5	100.0	91.0	3.8	5.1	100.0
45 à 54 ans	72.9	6.3	20.8	100.0	87.4	4.0	8.5	100.0
55 à 64 ans	53.0	7.9	39.2	100.0	81.5	5.4	13.1	100.0
65 ans et plus	28.8	17.8	53.4	100.0	62.3	14.5	23.0	100.0
<b>Ensemble</b>	<b>62.5</b>	<b>7.8</b>	<b>29.7</b>	<b>100.0</b>	<b>80.1</b>	<b>5.6</b>	<b>14.3</b>	<b>100.0</b>
<b>Age femmes :</b>								
18 à 24 ans	27.9	4.5	67.6	100.0	56.5	5.5	37.8	100.0
25 à 34 ans	53.3	4.3	42.4	100.0	71.9	7.6	20.3	100.0
35 à 44 ans	44.3	5.4	50.3	100.0	71.6	8.5	20.0	100.0
45 à 54 ans	28.5	6.0	65.5	100.0	60.1	10.0	30.0	100.0
55 à 64 ans	10.5	6.8	82.6	100.0	38.0	11.8	50.2	100.0
65 ans et plus	2.7	4.8	92.6	100.0	13.4	14.0	72.8	100.0
<b>Ensemble</b>	<b>27.9</b>	<b>5.2</b>	<b>67.0</b>	<b>100.0</b>	<b>50.7</b>	<b>9.8</b>	<b>39.5</b>	<b>100.0</b>

Sources : Enquête Transport INSEE 1973-74 ; enquêtes CREDOC sur les Aspirations et les conditions de vie des Français.

#### 4-2 Vers une saturation de l'équipement.

En 1962 [16], 1967 [34], 1972 et continûment de 1977 à 1986, nous avons suivi différentes générations définies comme l'ensemble des ménages dont le chef est né pendant la même décennie. Nous décrivons donc des portions de vingt à vingt-cinq années de cycles de vie, qui se recouvrent partiellement (graphiques 2 et 3). On constate tout d'abord que les générations successives ont eu un accès très inégal à l'automobile. Sa diffusion se manifeste par des courbes situées de plus en plus haut au fur et à mesure que l'on va vers les jeunes générations. Après une phase de diffusion intense (1962-67 au graphique 2), ou parallèle. En les inscrivant sur une même trajectoire, on peut donc décrire l'évolution de l'équipement d'un ménage au cours de son cycle de vie.

Comme la composition du ménage se modifie au cours du temps, on a caractérisé la motorisation par le nombre moyen de voitures par adulte, c'est-à-dire par personne en âge de conduire. Selon les périodes de la vie, ce sont les variations du numérateur (parc automobile) ou du dénominateur (population de 18 ans ou plus) qui dominent ; on observe :

- une phase d'équipement rapide quand le chef de ménage a une vingtaine d'années, qui se ralentit au cours de la trentaine,

- une stabilisation au cours de la quarantaine, quand les enfants atteignent leur majorité sans avoir tout de suite leur propre voiture,

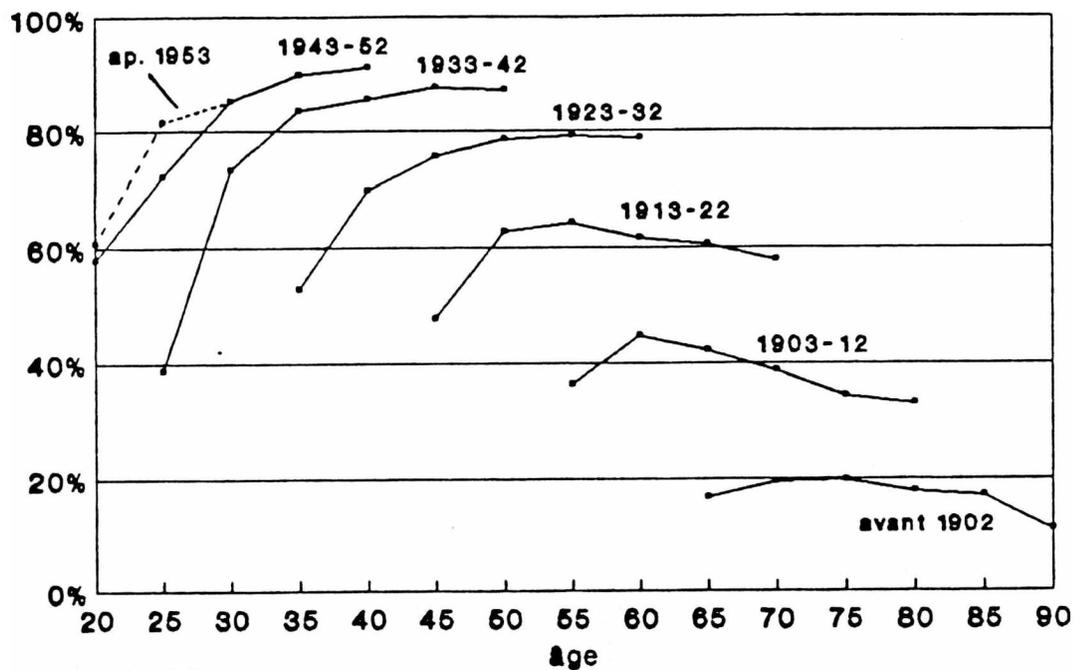
- une reprise lente de la croissance, quand les jeunes non motorisés quittent le ménage de leurs parents,

- enfin, une stabilisation intervient au cours de la soixantaine, et l'on n'observe pas de baisse sensible de notre indicateur avant 80 ans. La proportion des ménages motorisés commence bien à diminuer vers 60 ans (graphique 2), en raison notamment de la croissance de la proportion de ménages dont le chef est une femme, puisqu'elles vivent plus longtemps. Mais, dans un premier temps, le nombre des automobiles diminue moins vite que celui des membres des ménages motorisés, renforçant ainsi le nombre moyen de voitures par adulte chez ces derniers.

Une autre mesure de ce phénomène consiste à rapporter le nombre des démotorisations à la somme des ménages équipés au moment de l'enquête et de ceux qui ont été motorisés dans le passé (tableau n°11). On constate que les démotorisations sont de moins en moins fréquentes chez les ménages dont le chef a plus de 55 ans. Par contre, chez les jeunes, le

Graphique n°2

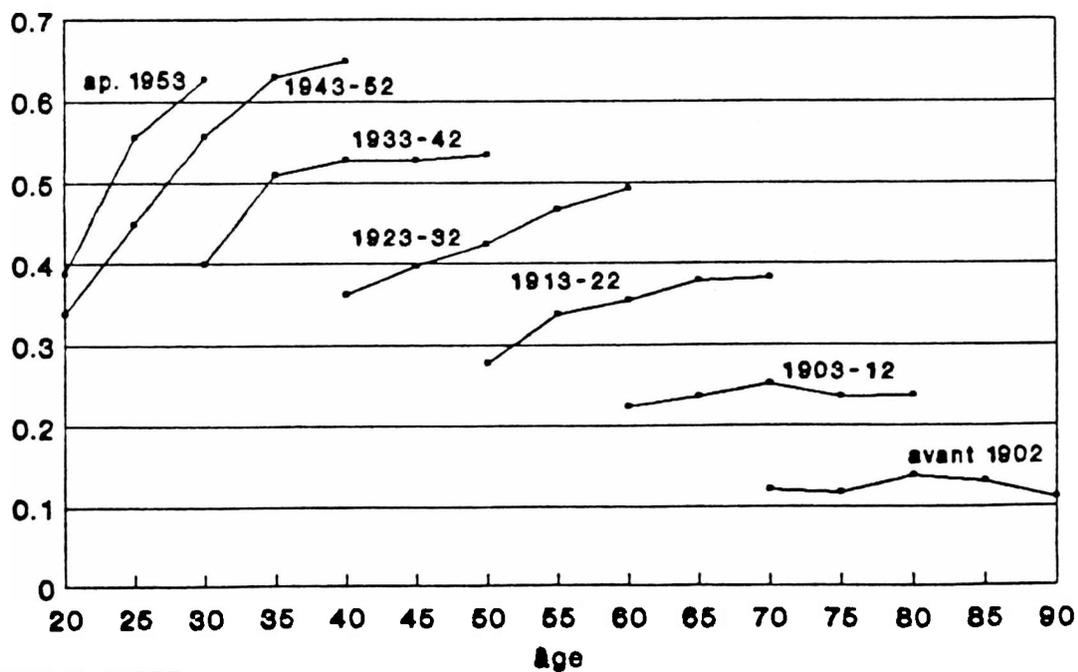
EVOLUTION DU POURCENTAGE DE MENAGES EQUIPES  
AU COURS DU CYCLE DE VIE POUR DIFFERENTES GENERATIONS



Source: INSEE

Graphique n°3

EVOLUTION DU NOMBRE MOYEN DE VOITURES PAR ADULTE  
AU COURS DU CYCLE DE VIE POUR DIFFERENTES GENERATIONS



Source: INSEE

phénomène semble nettement plus fréquent en 1986-87 que dix ans auparavant. Certains jeunes chefs de ménage se réfèrent-ils au foyer de leurs parents quand on les interroge sur leur motorisation passée ou, plus vraisemblablement, ceci traduit-il des comportements de motorisation temporaire instables liés à la crise et au chômage ?

Tableau n°11

EVOLUTION DE LA DEMOTORISATION SELON L'AGE DU CHEF DE MENAGE

Age	Proportion de ménages motorisés						% de démotorisés		
	Lors de l'enquête 1			A l'enquête + dans le passé 2			3 = (2 - 1) / 2		
	1967	1977	1986-7	1967	1977	1986-7	1967	1977	1986-
de 25 ans	57.8	64.8	72.5	61.4	68.6	80.1	5.8	5.5	9.5
25 à 34 ans	73.2	84.7	86.8	77.7	89.6	92.3	5.8	5.5	6.0
35 à 44 ans	69.8	86.1	91.0	74.2	90.5	94.9	5.9	4.9	4.1
45 à 54 ans	62.7	80.9	87.1	67.5	85.0	92.3	7.1	4.8	5.6
55 à 64 ans	44.8	62.7	76.5	52.7	72.4	84.6	15.0	13.4	9.6
65 ans et +	19.3	29.6	42.3	32.1	48.2	63.5	39.9	38.6	33.4
Ensemble	51.3	66.2	75.2	58.5	74.9	84.4	12.3	11.6	10.9

Sources : INSEE - Enquête Transport 1966-67 ; enquêtes de Conjoncture auprès des ménages de mai et octobre 1977 et 1986 et mai 1987.

Revenons aux graphiques 2 et 3. La distance séparant deux courbes voisines est moindre pour les deux groupes les plus jeunes que pour leurs aînés ; au même âge, le pourcentage des ménages non équipés devient équivalent pour ces deux générations, et les différences portent maintenant essentiellement sur la seconde voiture. On constate ainsi un premier infléchissement vers la saturation de l'équipement des ménages en automobile.

#### 4-3. L'usage diminue au cours de la vie.

Pour les kilométrages, la comparaison des points 1967 et 1972 avec la série 1977-86 pose des problèmes tant de nature économique (avant et après le premier choc pétrolier), que de nature statistique (comparabilité de la saisie et du redressement pour les voitures acquises depuis moins d'un an). En se limitant à la décennie 1977-86, on constate

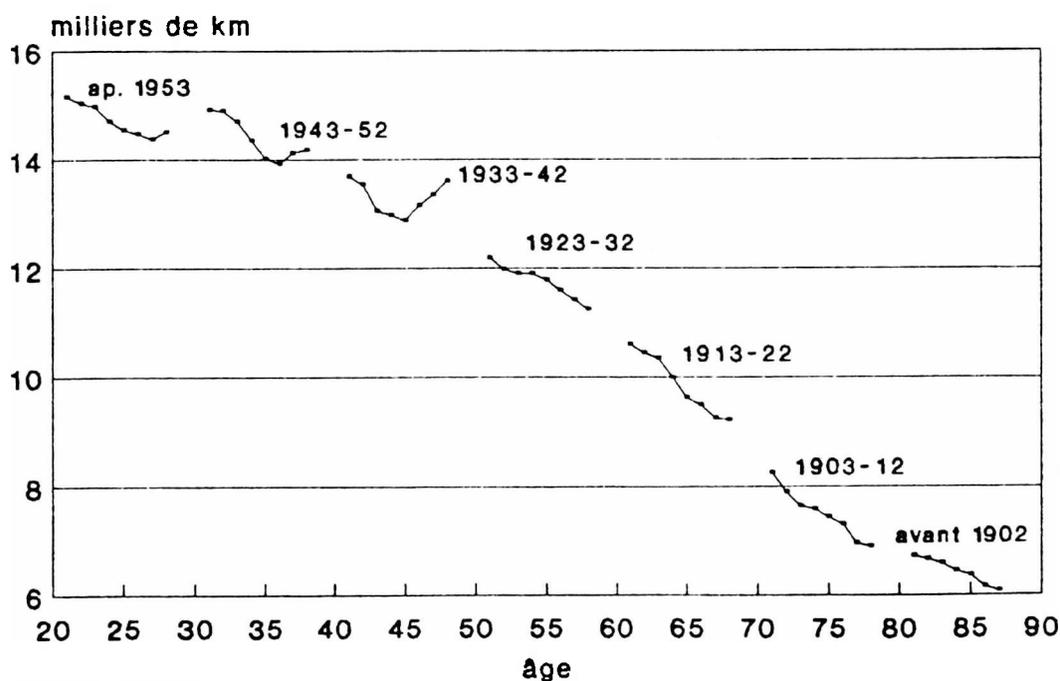
(graphique 4) que les courbes correspondant aux générations successives se raccordent presque toutes. L'écart le plus important (environ 1000 km par voiture et par an) sépare les générations nées avant et après les années 30 ; ce décrochement est presque entièrement imputable à la moitié la plus aisée des ménages, donc à ceux qui roulent le plus.

L'intensité d'utilisation des véhicules décroît presque tout au long du cycle de vie, avec de légères remontées vers 30 ans et avant 50 ans ; cette dernière semble imputable aux enfants du ménage qui atteignent leur majorité, donc à des jeunes. Après une première baisse au début de la trentaine, la décrue liée à la retraite (disparition des usages relatifs au travail) s'amorce à 55 ans, est particulièrement rapide au cours de la soixantaine et ne se ralentit qu'après 80 ans.

Maintenant que les comportements sont décrits, nous allons les schématiser par des modèles.

Graphique n°4

EVOLUTION DU KILOMETRAGE MOYEN PAR VOITURE  
AU COURS DU CYCLE DE VIE POUR DIFFERENTES GENERATIONS



## **Chapitre II**

### **LES MODELES**

Nous aborderons successivement les méthodes de prévision de la circulation totale d'une part, du trafic sur les différents éléments du réseau national (routes et autoroutes concédées ou non) d'autre part. Deux approches seront développées : un modèle démographique de générations et des modèles économétriques. Dans les équations, les chiffres entre parenthèses sont les écarts-type des coefficients figurant juste au-dessus ; ils permettent d'évaluer la précision avec laquelle ces coefficients sont estimés. La qualité des ajustements est mesurée par le  $R^2$ , mais cette statistique ne permet pas de comparer directement des formulations linéaires et logarithmiques ; de plus, quand on retire le terme constant après avoir constaté qu'il n'est pas significatif, le  $R^2$  augmente toujours et devient souvent très proche de 1. C'est pourquoi, quand nous avons dû choisir entre plusieurs formulations ou optimiser un paramètre (le taux de saturation par exemple), nous avons préféré nous référer à l'écart relatif moyen entre les observations et les données calculées à partir du modèle (résidus relatifs).

Le parc automobile et la circulation qu'il génère seront traités séparément et de manière relativement indépendante. Pour analyser le comportement d'équipement, le nombre moyen de voitures par adulte, c'est-à-dire par personne en âge de conduire (18 ans ou plus pour l'instant en France), nous a semblé le meilleur indicateur. En effet, au début de son essor l'automobile était principalement un bien d'équipement du ménage. Avec le développement de la seconde voiture l'usage devient plus individuel [3 et 6]. L'annexe 2 présente les travaux réalisés par d'autres organismes.

## **1 - PARC AUTOMOBILE ET CIRCULATION TOTALE**

### **1-1 L'approche parc et parcours.**

Elle repose sur un modèle probit (utilisant la fonction de la loi normale) pour analyser la motorisation des ménages et sur l'étude économétrique de la série des kilométrages moyens par voiture. Nous mettons en évidence les effets du revenu et du temps sur l'équipement des ménages à l'aide du modèle de Cramer. Soient :

-  $r$  le logarithme décimal du revenu réel,

-  $t$  le temps ( $t=0$  pour 1972),

-  $Uv'$  le fractile d'ordre  $v'$  d'une loi normale centrée réduite, en notant  $v$  le nombre moyen de voitures par adulte, et  $v' = v/0,76$  pour introduire un seuil de saturation à 76 % d'adultes équipés. Ce seuil a été déterminé en minimisant le résidu relatif moyen (0,6 % à l'optimum).

Le modèle a été ajusté sur une ventilation par quartile du revenu du ménage pour la période 1972-86, soit 60 points ; le graphique 1 illustre ces données :

$$Uv' = -2,98 + 1,70 r + 0,0393 t \quad R^2 = 0,992$$

(0,04)      (0,02)      (0,0014)

Pour le pourcentage de ménages équipés  $e$  en prenant 97 % comme seuil de saturation ( $e' = e/0,97$ ), on a :

$$Ue' = -4,46 + 2,96 r + 0,031 t \quad R^2 = 0,990$$

(0,07)      (0,04)      (0,003)

Ces équations rendent bien compte de l'évolution de l'équipement automobile des ménages. En effet, on a montré [25] que l'élasticité-revenu du taux de motorisation est d'autant plus forte que les ressources des ménages sont modestes. Or, en dérivant les formules ci-dessus on constate que l'élasticité-revenu est maximale pour un taux d'équipement faible (voisin de 0,27). Par ailleurs, en comparant nos ajustements sur la proportion de ménages équipés avec ceux obtenus par l'INSEE [16] pour la période 1960-75, on constate peu de changements dans les coefficients. La crise n'a donc pas modifié les comportements : c'est le ralentissement de la croissance des revenus et l'approche de la saturation qui expliquent le freinage de la motorisation. La formulation actuelle du modèle suggère quatre remarques :

- le seuil de saturation doit être commun à tous les niveaux de ressources. Il faut donc le choisir au-dessus du niveau d'équipement atteint par le quartile le plus riche. Ceci est surtout gênant pour le pourcentage de ménages équipés, puisque plus de 95 % des ménages

appartenant au quart le plus aisé de la population ont au moins une voiture, alors qu'une estimation directe des ménages "non motorisables" les situe aux environs de 12 % [20] ;

- nous n'avons pas pu mettre en évidence d'effets-prix. L'impact du prix relatif des voitures neuves, figurant dans des travaux antérieurs avec un coefficient peu significatif, serait paradoxal puisque plus de 80 % des voitures accroissant l'équipement du ménage (accès à la motorisation ou à la seconde voiture) sont achetées d'occasion. Il ne semble pas que l'introduction du prix des voitures d'occasion améliore sensiblement les résultats. Les effets-prix mis en évidence auparavant auraient plutôt coïncidé avec l'inflexion des courbes due à la saturation qui n'était pas prise en compte ;

- la distribution des revenus réels à une date donnée et leur évolution au cours du temps jouent des rôles assez analogues dans le modèle de Cramer ; seule la prise en compte du temps les différencie ;

- le revenu réel du ménage, figurant dans les équations, rend compte à la fois de la taille du ménage et de son niveau de vie. Les revenus étant codés en classes dans les enquêtes utilisées, on n'a pas pu reconstituer des revenus par unité de consommation. Néanmoins, nous avons tenté de tourner cette difficulté en ajustant le modèle de Cramer séparément pour différents types de ménages. Cette analyse des différences de comportement en fonction des critères socio-démographiques et de la localisation est développée dans l'annexe 3.

Pour que cette approche rende compte de la circulation totale, il faudrait obtenir une explication correcte du kilométrage moyen par voiture. Or, les résultats sont décevants sur ce point : on a juste pu mettre en évidence sur la série 1973-87 une élasticité d'environ - 0,25 au prix relatif des carburants. Ni le revenu moyen calculé sur la base de la Comptabilité Nationale, ni le revenu des seuls ménages motorisés (pondéré par leur niveau d'équipement) calculé à partir des enquêtes de Conjoncture n'ont un effet significatif sur le kilométrage. L'équation obtenue est :

$$\text{LKMVP} = 10,6 - 0,24 \text{LCARB} \quad R^2 = 0,612$$

(0,2)            (0,05)

où LKMVP est le logarithme du kilométrage moyen par voiture et, LCARB celui du prix relatif des carburants.

## 1-2. L'approche démographique

Cette méthode s'appuie sur l'observation des comportements des différentes générations présentée au chapitre précédent. La première étape est purement démographique ; elle consiste à projeter les effectifs des ménages des différentes générations ainsi que les nombres d'adultes par ménage. Pour ce faire, nous nous sommes appuyés sur des travaux récents de l'INSEE [17 et 18]. En matière de motorisation (graphique 3), nous avons adopté des évolutions parallèles pour les différentes générations, en maintenant les écarts observés, et en reportant un décalage moindre pour la jeune génération des ménages qui vont se constituer à partir des années 90 ; pour la proportion de ménages équipés (graphique 2), nous avons retenu la même trajectoire pour les trois plus jeunes générations.

Pour le kilométrage (graphique 4), nous avons affecté des évolutions identiques à toutes les générations au long de leur cycle de vie, en maintenant le décalage de 1000 km constaté au niveau des chefs de ménage nés dans les années 30. L'utilisation de chaque type de réseau (autoroutes, routes nationales,...) pourrait être estimée à partir de sa proportion dans le kilométrage total aux différents âges de la vie. On a constaté que la part de la circulation interurbaine est d'autant plus faible que les ménages sont plus jeunes ; ceci est cohérent avec une utilisation de plus en plus quotidienne de l'automobile [6] et avec la forte utilisation de la voiture pour aller au travail chez les jeunes [24].

Ainsi, nous schématisons le renouvellement continu des générations par des données discrètes : évolution de cinq ans en cinq ans des ventilations selon la décennie de naissance des chefs de ménage. Dans la phase actuelle d'élaboration du modèle, nous avons cherché à économiser le volume d'informations à extrapoler. Pour éviter les perturbations éventuelles induites par la disparition d'une génération tous les dix ans, on a réuni les trois plus anciennes. Du côté des jeunes, on a créé une seule génération nouvelle (chefs de ménage nés après 1970). Il en résulte que l'amplitude d'âge des différentes générations n'est plus identique (17 ans pour la seconde par exemple). Il n'est alors pas aisé de séparer dans les évolutions observées les phénomènes "réels" de l'influence du cadre qui les schématise. On constate notamment des oscillations du kilométrage moyen par voiture dont il faudrait préciser l'origine. Mais, contrairement aux modèles classiques reposant sur des formules analytiques, le modèle démographique n'a aucune raison a priori de donner des évolutions régulières ; un de ses avantages est en effet de faire apparaître ces irrégularités.

Les hypothèses sur lesquelles repose actuellement le modèle démographique sont assez frustes : elles ne prennent en compte ni l'évolution des revenus, ni celle des prix. L'estimation du comportement des ménages qui ne sont pas encore constitués est fragile ; elle conditionne pourtant largement les résultats à long terme, puisque 28% des personnes qui seront chef de ménage en 2010 n'ont actuellement pas encore l'âge de fonder un foyer.

Enfin, l'hypothèse de trajectoires parallèles pour les générations successives n'est tout-à-fait satisfaisante ni à l'approche de la saturation, ni en matière de démotorisation : il n'est pas évident que les générations ayant eu plus de 0,6 voiture par adulte en conserveront autant lors de la retraite que celles qui en ont eu moins de 0,2. Toutefois, même dans le quart le plus riche de la population âgée, on n'observe pas de démotorisation ; mais, chez ces ménages aisés, on ne compte encore que 0,45 voiture par adulte chez les septuagénaires et 0,30 chez ceux qui ont plus de 80 ans. On a aussi montré au tableau 11 que la tendance à la démotorisation des ménages âgés est proportionnellement moins forte dans les années 80 qu'au cours des deux décennies précédentes. C'est l'arrivée à l'âge de la retraite de générations comptant beaucoup de secondes voitures qui pourrait amorcer un mouvement inverse. Pour l'instant, les personnes âgées gardent le plus longtemps possible leur voiture, mais s'en servent moins.

Quant à la détermination des seuils de saturation, qui influe aussi beaucoup sur les projections, la méthode démographique les introduit plus progressivement que les méthodes classiques. La principale manifestation de cette saturation est la réduction de l'écart séparant les trajectoires de deux générations successives. Les extrapolations parallèles des courbes ne conduisent pas en 2010 à des niveaux d'équipement supérieurs au seuil de saturation retenu dans le modèle de Cramer (0,76 voiture par adulte).

Malgré ces critiques, le modèle démographique est celui qui rend le mieux compte des évolutions actuelles (stagnation de la proportion des ménages sans voiture notamment). Au-delà de la phase exploratoire actuelle, il faudrait le formaliser en véritable modèle mathématique : cadre fixe de générations décennales, introduction des effets-prix et des effets-revenu...

## 2 - CIRCULATION SUR LE RESEAU ROUTIER NATIONAL

### 2-1. Les variables explicatives.

Pour rendre compte des évolutions des parcours sur les routes nationales et sur les autoroutes (conçédées et non conçédées), nous avons retenu les facteurs suivants :

- PARC le parc automobile des ménages analysé ci-dessus,

- R le revenu réel moyen par ménage (revenu disponible brut de la Comptabilité Nationale) ; comme c'est un déterminant important de l'évolution du parc, on doit s'interroger sur les avantages et les inconvénients de sa présence dans les équations.

- CARB le prix relatif des carburants. Son pouvoir explicatif est nettement meilleur que celui de l'ensemble des coûts d'utilisation des véhicules ; on l'a constaté notamment en 1987, année où le prix de l'essence est resté stable, alors que les tarifs des garagistes augmentaient fortement (tableau n°8). Les tarifs des péages sur les autoroutes conçédées suivent une évolution symétrique de celle du coût d'utilisation des véhicules ; il sera donc difficile de faire apparaître leur effet propre.

- L la longueur du réseau autoroutier en service au début de chaque année (tableau n°6). La réaction des usagers à l'ouverture de nouveaux tronçons est rapide, puisque cette variable retardée d'un an a un pouvoir explicatif moindre. Toutefois, l'analyse de l'ouverture de l'autoroute Bordeaux-Narbonne [31] a montré que le trafic supplémentaire important qui apparaît dès la première année, provient principalement d'un transfert d'anciens usagers du train, le "trafic induit" proprement dit (apparition de nouveaux déplacements générés par l'ouverture de la nouvelle infrastructure) ne se développe qu'à plus long terme. Nos séries statistiques sont trop courtes et trop agrégées pour faire apparaître de tels effets différenciés.

Bien que la plupart de ces indicateurs concernent l'utilisation de la voiture particulière par les ménages, nous les avons introduits comme facteurs de la circulation totale, dont l'automobile représente un peu plus de 80 %. En effet, c'est seulement sur les autoroutes à péage qu'est estimée chaque année la proportion des véhicules légers. Il n'est donc pas étonnant que l'ajustement sur le seul trafic léger soit meilleur que sur le trafic total seulement pour ce type de réseau.

## 2-2. Les modèles.

Depuis une quinzaine d'années, le trafic automobile évolue de manière assez linéaire en fonction du temps. Mais, contrairement à ce que nous avons fait ci-dessus dans le cadre du modèle de Cramer, nous n'introduisons pas ici le temps comme variable explicative, car elle est trop liée au parc et aux revenus. Cependant, Cette tendance linéaire de la croissance du trafic ne signifie pas forcément que les relations avec les principaux facteurs explicatifs soient linéaires ; c'est pourquoi nous avons testé deux types d'équations :

- le modèle logarithmique dont les coefficients s'interprètent en termes d'élasticités. C'est aussi le cas pour les modèles en variations relatives annuelles. Ces deux types d'équations sont présentés en annexe 4 ; les élasticités qui en découlent sont citées dans le texte.

- la formulation linéaire qui présente l'avantage d'assurer l'agrégation des projections sur les différents réseaux : si les variables prises en compte sont les mêmes pour chaque type d'infrastructure, la somme des projections est égale à la projection pour l'ensemble du réseau national.

Les deux équations ont été comparées sur la base du résidu relatif moyen ; mais les performances des deux formulations sont souvent voisines. Compte tenu de l'avantage représenté par l'agrégation, on retiendra la formulation linéaire pour les prévisions, et seules les équations de ce type seront présentées dans le texte. Pour mieux cerner leur importance relative, nous avons rangé les coefficients dans l'ordre où ils arrivent dans une régression pas à pas (programme REGCAZ du logiciel de l'ADDAD). Sur les 16 points de la période 1972-87, on obtient les ajustements suivants :

- pour les autoroutes concédées :

$$\text{CAIU} = 1,62 \text{ LIU} - 134 \text{ CARB} + 1,37 \text{ PARC} - 120 \text{ PEAG} + 0,16 \text{ R} \quad R^2 = 0,9998$$

(0,78)            (17)            (0,18)            (30)            (0,05)

C'est le seul réseau pour lequel la formulation logarithmique est meilleure.

- pour les autoroutes non concédées, les ajustements sont médiocres, car les déterminants de ce trafic sont locaux (développement de l'habitat péri-urbain et de la motorisation corrélative), et donc malaisés à caractériser au niveau national. Le modèle

logarithmique donne une élasticité au parc un peu supérieure à 1 et une élasticité-revenu excessive (de l'ordre de 3). Le modèle linéaire est sensiblement meilleur :

$$\text{CAPU} = - 15165 + 19,7 \text{ LPU} - 57 \text{ CARB} + 0,14 \text{ R} \quad R^2 = 0,984$$

(6452)            (1,4)            (25)            (0,07)

- sur les routes nationales :

$$\text{CRN} = 0,46 \text{ R} + 1,38 \text{ PARC} - 99 \text{ CARB} \quad R^2 = 0,99988$$

(0,02)            (0,08)            (28)

- pour le trafic sur l'ensemble du réseau national, les formulations logarithmique et linéaire sont équivalentes :

$$\text{CTOT} = - 34514 + 3,64 \text{ PARC} + 0,72 \text{ R} - 212 \text{ CARB} + 3,4 \text{ LA} \quad R^2 = 0,997$$

(21173)            (0,88)            (0,16)            (58)            (2,3)

Les équations ci-dessus rendent bien compte des données sur la période étudiée : le résidu relatif moyen est de 0,8 % pour l'ensemble du réseau national ainsi que pour les seules routes nationales, et de 1,2 % pour les autoroutes concédées. Les seuls ajustements médiocres concernent les autoroutes non concédées (écart moyen de 2,8 %). Les deux tiers de ces voies rapides sont situés en zone péri-urbaine où le trafic est en pleine expansion. Les facteurs introduits dans les modèles ne rendent compte de ce phénomène que de manière très indirecte et leurs coefficients sont imprécis et vraisemblablement excessifs.

### 2-3. Les résultats.

C'est l'estimation de l'effet du revenu qui est la plus médiocre, ce qui, vu sa corrélation avec le parc jusqu'à présent, amène à s'interroger sur le rôle de cette variable en projection. Il faut toutefois remarquer que, plus l'équipement des ménages évolue vers la saturation, plus la liaison entre ces variables s'affaiblira. Un effet propre du revenu pourrait alors prendre le relais du parc comme moteur de la circulation ; mais l'estimation de cet effet reste imprécise à partir de l'observation du passé récent.

Le trafic correspondant à la construction de nouvelles autoroutes concédées est moins dense que la circulation existante (élasticité de 0,6 à 0,8). En effet, les nouveaux tronçons sont "moins rentables" que le réseau de base. Il n'a pas été possible de mettre en évidence

l'effet négatif de la croissance du réseau autoroutier sur le trafic des routes nationales, car les déterminants de la circulation sur les différents réseaux sont voisins, même s'ils n'agissent pas partout avec la même intensité. Enfin, le trafic induit sur l'ensemble du réseau national, compte tenu de la baisse de la circulation sur les routes nationales doublant les nouveaux itinéraires, répond à une élasticité de l'ordre de 0,2 aux longueurs mises en service.

Sur les routes nationales, la croissance du trafic imputable à l'augmentation du parc automobile est nettement plus faible qu'un accroissement proportionnel (élasticité d'environ 0,4). Ceci peut traduire la baisse des kilométrages moyens par voiture, mais aussi la substitution avec l'utilisation des autoroutes (non explicitement prise en compte) et la vigueur des trafics locaux, dont témoignent les autoroutes non concédées. L'élasticité résultante pour l'ensemble du réseau national est de l'ordre de 0,6.

La sensibilité au prix des carburants est modérée, plus forte sur les autoroutes de liaison (élasticité d'environ -0,3) que sur les routes nationales (environ -0,2). La sensibilité des usagers aux péages n'a pu être mise en évidence que par le modèle linéaire ; elle semble un peu plus faible que la sensibilité au prix du carburant.

En définitive, pour élaborer les projections de trafic sur le réseau national, on retiendra les formulations linéaires, dont les qualités sont comparables à celles de la formulation logarithmique, mais qui assurent l'agrégation des prévisions sur les différents réseaux. Compte tenu de la difficulté d'expliquer économétriquement l'évolution du kilométrage moyen par voiture, la méthode démographique est seule disponible pour projeter la circulation totale, mais elle met seulement en évidence les effets du vieillissement de la population. Il faudrait améliorer ce modèle pour y introduire les effets des revenus et des prix.

**Chapitre III**

**LES PREVISIONS**

Ces prévisions jusqu'en 2010 portent sur le parc automobile des ménages et sa circulation totale d'une part, sur le trafic supporté par les différentes composantes du réseau national d'autre part. Nous commencerons par présenter les hypothèses sur lesquelles reposent ces travaux ; elles concernent le revenu réel, le prix relatif des carburants et le rythme de construction des autoroutes. Puis, nous commenterons les résultats.

## 1 - LES HYPOTHESES

Ces projections reposent sur les hypothèses suivantes, établies sur la base des travaux de l'OEST, du SETRA et de la Direction des Routes :

- la croissance du réseau autoroutier est programmée jusqu'à la fin du siècle : mise en service de 270 km d'autoroutes concédées et de 30 km de non concédées par an. Ensuite, on a envisagé un ralentissement sensible du rythme des constructions d'autoroutes concédées après l'an 2000 : seulement 50 km mis en service par an (tableaux n°14). Pour isoler l'effet de la construction de nouvelles infrastructures, on présente aux tableaux n°15 les "projections en débit" (réseau autoroutier maintenu constant à sa longueur de 1987).

- les perspectives en matière de prix des carburant sont difficiles à dessiner. Les facteurs à prendre en compte sont principalement le prix du pétrole brut en Dollars, la parité entre le Franc et le Dollar, et la fiscalité. Les prévisions étant délicates sur ces trois points, on a retenu trois hypothèses nettement différenciées : une hypothèse haute de crise pétrolière, la stabilité du prix relatif, et une hypothèse basse contrastée. Pour ce dernier scénario, on a supposé que le prix relatif du carburant baisse de 30 % entre 1987 et 2000 en raison de l'harmonisation de la fiscalité européenne. Ensuite, on postule un relèvement imputable au prix à l'importation ; le prix à la pompe atteindrait en 2010 95 % de son niveau de 1987. Le tableau n°12 donne les valeurs retenues pour ce prix relatif.

Tableau n°12

## LES HYPOTHESES

Croissance du revenu Prix des carburants	Lente			Médiane			Rapide		
	Haut	Stable	Bas	Haut	Stable	Bas	Haut	Stable	Bas
<b>Prix relatifs des carburants</b> (Base 100 en 1987)									
1987	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1990	107	100	93	107	100	93	107	100	93
1995	120	100	82	120	100	82	120	100	82
2000	132	100	70	132	100	70	132	100	70
2005	148	100	77	148	100	77	148	100	77
2010	165	100	95	165	100	95	165	100	95
<b>Revenu disponible réel des ménages</b>									
1987-92	+ 2 % par an (variante + 3 %)								
1993-2010	+ 1,5 %			+ 2,5 %			+ 3,8 %		
<b>Ouverture de nouveaux tronçons d'autoroute (en km/an).</b>									
Non concédées	30								
Concédées									
1987-2000	270								
2000-2010	50								

Sources : Direction des Routes et O.E.S.T.

- pour le revenu réel, c'est la moyenne par ménage et non le montant total qui figure dans nos modèles. Les hypothèses proposées par l'OEST sont exprimées en masse : +2 % par an jusqu'en 1992, et trois hypothèses au-delà (une croissance lente à +1,5 % par an, une croissance médiane à 2,5 % et une hypothèse rapide à +3,8 %). Or, les projections démographiques de l'INSEE montrent un net freinage de l'accroissement du nombre des ménages, qui passerait d'un rythme de +1,2 % par an sur la période 1985-90 à +0,4 % entre 2005 et 2010. La croissance du revenu réel par ménage est donc rapide en fin de période dans l'hypothèse haute (+3,4 % par an, rythme qui n'a plus été atteint depuis 1973).

La méthode démographique, dans sa formulation actuelle, repose sur des hypothèses plus qualitatives : parallélisme des évolutions d'équipement et d'usage pour les différentes générations. Le modèle de Cramer nous a finalement semblé moins satisfaisant pour projeter l'équipement des ménages. Nous expliquerons pourquoi au paragraphe 2-1 (signification de la composante temporelle du revenu, introduction plus progressive et plus souple de la saturation).

Les modèles de circulation sur le réseau national prennent en compte quatre variables explicatives : le parc automobile (déterminé par la méthode démographique, donc indépendamment du revenu), la longueur du réseau (déjà programmée), le revenu réel et le prix relatif des carburants ; ils font donc jouer l'ensemble des hypothèses que nous venons de préciser. Nous avons systématiquement croisé les trois scénarios de revenu avec les trois scénarios de prix des carburants, d'où les neuf colonnes des séries 14 et 15 de tableaux. Nous avons finalement retenu les modèles linéaires, puisque leur qualité est voisine de celle des modèles en logarithmes et qu'ils assurent l'agrégation de résultats. Cette agrégation n'est pas parfaite, parce que la liste des variables prises en compte n'est pas tout-à-fait identique dans toutes les équations : la longueur du réseau est spécifique à chaque type d'infrastructure. La différence entre la projection de l'ensemble du trafic et la somme des projections sur les trois réseaux est cependant inférieure à 3 %. Si l'on mélangeait les formulations linéaires et logarithmiques, cet écart pourrait dépasser 25 %. Signalons enfin que les prévisions pour les autoroutes non concédées ne sont pas isolées dans les tableaux ; en effet, en l'absence de variables caractérisant annuellement le développement péri-urbain, c'est pour ce type d'infrastructure que les ajustements sont les moins bons sur la période de calage des modèles.

## **2 - LES RESULTATS**

### **2-1. Le parc automobile des ménages.**

Commençons par confronter le modèle de Cramer et la méthode démographique sur la prévision du parc automobile des ménages (tableau n°13). Outre les trois hypothèses de croissance des revenus décrites plus haut, nous avons considéré les résultats du modèle de Cramer pour une croissance "nulle" (revenu réel moyen par ménage bloqué à son niveau de 1987).

Tableau n°13

PROJECTIONS DU PARC AUTOMOBILE ET DE LA CIRCULATION TOTALE DES MENAGES :  
COMPARAISON DU MODELE DE CRAMER ET DE LA METHODE DEMOGRAPHIQUE

	Modèle de Cramer avec croissance du revenu réel :				Modèle démographique
	Nulle	Lente	Médiane	Rapide	
<b>Nbre moyen de voitures par adulte :</b>					
1980	0.451	0.451	0.451	0.451	0.451
1985	0.508	0.508	0.508	0.508	0.508
1990	0.551	0.559	0.555	0.559	0.551
1995	0.593	0.607	0.611	0.616	0.592
2000	0.630	0.647	0.656	0.667	0.639
2005	0.662	0.680	0.691	0.704	0.667
2010	0.687	0.705	0.716	0.728	0.698
<b>% de ménages équipés :</b>					
1980	69.0	69.0	69.0	69.0	69.0
1985	73.8	73.8	73.8	73.8	73.8
1990	77.7	78.9	78.9	78.9	78.9
1995	80.8	83.0	83.6	84.4	80.7
2000	83.6	86.4	87.8	89.4	83.8
2005	86.1	89.2	91.0	92.8	85.6
2010	88.3	91.4	93.3	94.9	87.4
<b>% de ménages multi- équipés (1) :</b>					
1980	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3
1985	22.2	22.2	22.2	22.2	22.2
1990	24.8	25.1	25.1	25.1	25.1
1995	27.7	28.1	28.2	28.3	27.6
2000	29.4	29.7	29.9	30.3	30.7
2005	31.4	31.6	31.8	32.3	32.7
2010	32.7	32.9	33.0	33.5	35.3

<b>Parc automobile des ménages :</b>					
1980	16.900	16.900	16.900	16.900	16.900
1985	20.100	20.100	20.100	20.100	20.100
1990	22.700	23.100	23.100	23.100	22.700
1995	25.300	25.900	26.100	26.300	25.300
2000	27.500	28.200	28.600	29.100	27.900
2005	29.500	30.300	30.800	31.400	29.700
2010	31.100	31.900	32.400	32.900	31.600
<b>Circulation totale (2) :</b>					
1980	220.5	220.5	220.5	220.5	220.5
1990	287.3	291.4	291.4	291.4	287.3
2000	340.5	349.6	354.5	360.5	345.3
2010	380.5	390.4	396.5	403.2	386.5

(1) Calculé de manière indirecte à partir des projections du nombre  $i$  moyen de voitures par adulte et du pourcentage de ménages équipés  $i$  fournis par le modèle de Cramer, en supposant que les ménages qui ont trois voitures ou plus continuent à représenter 12 % des multi-équipés.

(2) Produit du parc déterminé ci-dessus par le kilométrage moyen  $i$  par voiture estimé par la méthode démographique.

En ce qui concerne le nombre moyen de voitures par adulte, donc aussi le parc, la méthode démographique donne des résultats situés entre ceux du modèle de Cramer pour les hypothèses de croissance "nulle" et de croissance "lente" des revenus. Or, même si l'on ne considère que la période 1977-86 où le modèle démographique est ajusté sur des séries continues, la croissance moyenne du revenu disponible brut des ménages (en Francs constants) a été de 1,5 % par an (soit +0,2% en moyenne par ménage). Au cours de la décennie 1967-77, la croissance du revenu était plus forte, mais le profil des courbes d'équipement n'était pas très différent (graphique 3). Ce n'est qu'entre 1962 et 1967 que la croissance de l'équipement est plus marquée (graphique 2). La grande période d'essor de l'automobile répondait alors à une logique différente : diffusion rapide chez les ménages de toutes générations.

Dans le modèle de Cramer, c'est le facteur temps qui représente le renouvellement des générations. Or, on constate au graphique 2 que la proportion de ménages équipés atteint actuellement une certaine saturation chez les jeunes. Comme on n'a pas pu évaluer la diminution du coefficient du temps dans le modèle de Cramer, dans toutes les hypothèses de revenu, le taux d'équipement projeté est supérieur à celui issu de la méthode démographique.

C'est donc le modèle dont les résultats sont les plus proches de la stagnation de la proportion des ménages sans voiture constatée depuis deux ans. A contrario, dans les années 2000-2010, la diffusion de la seconde voiture obtenue par le modèle démographique correspond à l'hypothèse de croissance rapide du revenu dans le modèle de Cramer.

Enfin, le ralentissement de la motorisation après l'an 2000 induit par le seuil de saturation du modèle de Cramer est uniforme (environ +1,6 million de voitures entre 2005 et 2010 quelle que soit l'hypothèse de revenu) ; et ce ralentissement est un peu plus net que celui qui découle de la méthode. La différenciation des taux de saturation par génération introduit aussi plus de souplesse dans ce modèle. Le parc automobile des ménages devrait donc se situer aux environs de 28 millions de voitures à la fin du siècle et de 32 millions en 2010.

## 2-2. La circulation.

Comme nous n'avons pas obtenu de régression satisfaisante du kilométrage moyen par voiture, nous l'avons projeté par la méthode démographique. Le vieillissement de la population, seul facteur alors pris en compte, devrait faire passer le kilométrage moyen par voiture aux environs de 12400 km en l'an 2000 et de 12200 en 2010. Entre 1990 et 2000, la circulation totale des ménages pourrait donc croître de 1,9 à 2,4 % par an, et d'environ 1,5 % par an entre 2000 et 2010 (croissance linéaire rapportée à la circulation de 1987).

Pour la circulation sur le réseau national, les prévisions figurent en évolution (croissance linéaire annuelle rapportée à la valeur de 1987) dans les séries 14 et 15 de tableaux. On constate tout d'abord des progressions sensiblement plus rapides que pour la circulation totale. Sur les routes nationales, donc à longueur constante, on n'observe pas de ralentissement sensible par rapport à une tendance linéaire. En effet, dans les années 2000, la croissance des revenus prend le relais de celle du parc automobile. Pour l'ensemble du réseau national, le ralentissement des constructions d'autoroutes concédées se fait sentir après l'an 2000 : on passe d'un rythme de 3 à 4 % par an pour baisser vers 2 % dans l'hypothèse "lente", rester à 3% dans l'hypothèse "médiane" et monter au-dessus de 4 % dans l'hypothèse "rapide".

Tableau n°14

PROJECTION DES PARCOURS : VL = PL SUR AUTOROUTES CONCEDEES  
CROISSANCE LINEAIRE ANNUELLE RAPPORTEE A 1987

Croissance du revenu Prix du carburant	Lente			Médiane			Rapide		
	Haut	Stable	Bas	Haut	Stable	Bas	Haut	Stable	Bas
1990-1995	4.1	4.7	5.1	4.4	5.0	5.5	4.9	5.4	5.9
1995-2000	4.2	4.7	5.2	4.8	5.3	5.8	5.7	6.2	6.7
2000-2005	2.2	2.8	2.5	2.8	3.5	3.2	4.0	4.6	4.3
2005-2010	2.2	2.9	2.2	3.0	3.8	3.0	4.5	5.2	4.4

PROJECTION DES PARCOURS : VL = PL SUR ROUTES NATIONALES  
CROISSANCE LINEAIRE ANNUELLE RAPPORTEE A 1987

Croissance du revenu Prix du carburant	Lente			Médiane			Rapide		
	Haut	Stable	Bas	Haut	Stable	Bas	Haut	Stable	Bas
1990-1995	1.2	1.5	1.8	1.6	1.9	2.2	2.2	2.5	2.8
1995-2000	1.2	1.5	1.8	2.0	2.3	2.6	3.2	3.5	3.8
2000-2005	1.0	1.4	1.2	1.9	2.3	2.2	3.4	3.8	3.6
2005-2010	1.2	1.6	1.1	2.2	2.7	2.2	4.1	4.6	4.1

PROJECTION DES PARCOURS : VL + PL SUR TOUT LE RESEAU NATIONAL  
CROISSANCE LINEAIRE ANNUELLE RAPPORTEE A 1987

Croissance du revenu Prix du carburant	Lente			Médiane			Rapide		
	Haut	Stable	Bas	Haut	Stable	Bas	Haut	Stable	Bas
1990-1995	2.4	2.8	3.1	2.8	3.2	3.5	3.3	3.7	4.0
1995-2000	2.4	4.8	3.1	3.2	3.5	3.9	4.2	4.6	4.9
2000-2005	1.4	1.9	1.7	2.3	2.7	2.5	3.6	4.1	3.9
2002010	1.6	2.1	1.5	2.5	3.0	2.5	4.2	4.7	4.2

Tableau n°15

PROJECTION EN DEBIT : VL = PL SUR AUTOROUTES CONCEDEES  
CROISSANCE LINEAIRE ANNUELLE RAPPORTEE A 1987

Croissance du revenu Prix du carburant	Lente			Médiane			Rapide		
	Haut	Stable	Bas	Haut	Stable	Bas	Haut	Stable	Bas
1990-1995	2.6	3.2	3.7	3.0	3.5	4.0	3.4	4.0	4.4
1995-2000	2.7	3.2	3.7	3.3	3.8	4.3	4.2	4.7	5.2
2000-2005	1.9	2.6	2.3	2.6	3.2	3.0	3.7	4.4	4.1
2005-2010	2.0	2.7	1.9	2.8	3.5	2.7	4.2	4.9	4.2

PROJECTION EN DEBIT : VL + PL SUR ROUTES NATIONALES  
CROISSANCE LINEAIRE ANNUELLE RAPPORTEE A 1987

Croissance du revenu Prix du carburant	Lente			Médiane			Rapide		
	Haut	Stable	Bas	Haut	Stable	Bas	Haut	Stable	Bas
1990-1995	1.2	1.5	1.8	1.6	1.9	2.2	2.2	2.5	2.8
1995-2000	1.2	1.5	1.8	2.0	2.3	2.6	3.2	3.5	3.8
2000-2005	1.0	1.4	1.2	1.9	2.3	2.2	3.4	3.8	3.6
2005-2010	1.2	1.6	1.1	2.2	2.7	2.2	4.1	4.6	4.1

PROJECTION EN DEBIT : VL = PL SUR TOUT RESEAU NATIONAL  
CROISSANCE LINEAIRE ANNUELLE RAPPORTEE A 1987

Croissance du revenu Prix du carburant	Lente			Médiane			Rapide		
	Haut	Stable	Bas	Haut	Stable	Bas	Haut	Stable	Bas
1990-1995	1.6	1.9	2.3	1.9	2.3	2.7	2.5	2.9	3.2
1995-2000	1.6	2.0	2.3	2.3	2.7	3.0	3.4	3.8	4.1
2000-2005	1.2	1.7	1.5	2.0	2.5	2.3	3.4	3.9	3.6
2005-2010	1.3	1.8	1.3	2/3	2.8	2.3	4.0	4.5	4.0

Sur les routes nationales, si le prix de l'essence restait stable en Francs constants, la circulation pourrait croître de manière linéaire sur la base de 2 à 2,5 % du trafic de 1987 par an, dans le cadre de l'hypothèse médiane de progression des revenus. Ce taux pourrait tomber vers 1,5 % si les revenus augmentaient lentement, et s'accélérer de 2,5 % à 4,5 % en cas de croissance rapide. Sur les autoroutes, jusqu'à la fin du siècle, la progression du trafic devrait rester forte : 4 à 6 % par an pour les liaisons interurbaines, un peu plus faible en milieu péri-urbain. Le ralentissement du rythme de construction après l'an 2000 ferait baisser ces taux de croissance de 1 à 2 points ; l'arrêt de toute construction d'autoroutes dès maintenant (tableaux 15) diminuerait les taux de croissance du trafic sur le réseau concédé de 1,5 point, et entraînerait d'ici à 2010 un doublement de la densité moyenne du trafic.

A titre de contrôle, on a calculé les débits annuels moyens (parcours rapportés aux longueurs des réseaux) correspondant à ces prévisions. Dans un premier temps, le programme de construction d'autoroutes concédées lancé l'an dernier devrait faire diminuer un peu la densité moyenne du trafic. Mais elle devrait augmenter à nouveau à partir d'une date d'autant plus proche que les revenus progresseront vite et que le prix relatif de l'essence diminuera ; compte tenu du ralentissement des constructions envisagé après l'an 2000, cette inversion de tendance se produira au plus tard vers la fin du siècle. Sur les autoroutes non concédées la congestion du trafic devrait se développer moins vite qu'au cours des quinze dernières années. C'est sur les routes nationales que les débits devraient augmenter le plus. Il faudrait alors aménager les chaussées et étaler les pointes de trafic pour faire face à la demande ; la prise en compte des accroissements de capacité par élargissement des infrastructures et celle des encombrements pourraient améliorer nos modèles.

### **2-3. Sensibilité aux hypothèses et compatibilité des prévisions.**

Malgré la bonne adéquation de la plupart des modèles pour décrire la période 1972-87, ces prévisions restent fragiles. Les coefficients estimés avec la plus grande marge d'incertitude sont ceux du revenu ; or, ils influent beaucoup sur les résultats. Selon les hypothèses faites en la matière, l'écart est de 25 % entre les scénarios extrêmes en 2010. Par contre, la sensibilité des résultats aux hypothèses sur le prix relatif des carburants est moindre. Devant l'accélération de la croissance économique en 1987 et 1988, on a testé l'hypothèse d'accroissement de 3 % par an des revenus réels jusqu'en 1992 (au lieu des 2 % retenus comme hypothèse principale) ; il en résulte un accroissement de 3 % du trafic total

sur le réseau national en 1995, mais les taux de progression annuelle figurant aux tableaux 14 et 15 sont peu modifiés (voir tableaux en annexe 6).

Le problème le plus important qui subsiste est la compatibilité entre la prévision de la circulation totale et celle des trafics sur le réseau national. Si l'on fait l'hypothèse que les véhicules légers représentent toujours 80 % des parcours sur le réseau national, le rapport avec la circulation totale des ménages atteindrait 0,4 (croissance lente des revenus) à 0,5 (croissance rapide) en 2010 ; or le maximum observé sur la période 1973-87 est de 0,38. Pour résoudre cette difficulté, il faudrait compléter le modèle démographique en analysant le comportement des différentes générations en fonction des prix et des revenus.

## CONCLUSION

Nous avons construit deux familles de modèles reposant chacune sur un des déterminants principaux des comportements automobiles des ménages : le revenu d'une part, les phénomènes d'âge et de génération d'autre part. Le premier type se prête bien à l'exploration de différents scénarios en fonction de l'évolution de la croissance économique. Le second tire un meilleur parti du domaine où les projections sont les plus fiables : la démographie. Nous l'avons présenté sous une forme expérimentale économisant autant que possible le volume d'informations à extrapoler. Contrairement au premier, il ne donne pas des évolutions régulières tout au long des périodes quinquennales couvertes par nos projections : par exemple, le kilométrage moyen par voiture oscille dans un contexte de décroissance lié au vieillissement de la population. Pour mieux contrôler ces variations et en préciser l'origine, il faudrait améliorer la formalisation du modèle en introduisant une nouvelle génération tous les dix ans et en paramétrant les trajectoires des variables centrales du système (nombre moyen d'adultes par ménage, de voitures par adulte et kilométrage moyen par voiture).

Nous nous situons actuellement à une époque charnière. Depuis deux ans, on constate les évolutions suivantes :

- le pourcentage de ménages équipés plafonne juste en-dessous de 75 % ce qui freine la croissance du parc ; c'est le modèle démographique qui traduit le mieux cette évolution ;

- stimulé par le crédit, la baisse de la TVA et bientôt le contrôle technique généralisé, le marché de l'automobile est florissant ce qui entraîne un phénomène nouveau : le rajeunissement du parc. Peut-on postuler que ceci fait augmenter le kilométrage moyen par voiture, les automobiles récentes roulant plus que les véhicules anciens ?

- la croissance de la circulation sur le réseau national, stimulée en 1986 par la baisse du prix de l'essence, reste forte en raison de la progression des revenus ; pour que nos modèles rendent mieux compte de ce phénomène, il faudrait qu'ils mettent en évidence de façon plus précise les effets-revenu, par exemple en distinguant une composante permanente anticipée par les ménages et une composante conjoncturelle non anticipée. Allonger les séries en y introduisant des années de forte croissance (1988 et avant 1972) aidera aussi à mieux comprendre les évolutions actuelles.

Surtout pour les enfants majeurs restant habiter chez leurs parents, la dimension individuelle interfère de plus en plus avec la dimension familiale. En outre, la motorisation est un phénomène plus instable que par le passé notamment chez les jeunes. Un modèle reposant sur des taux "d'entrée" et de "sortie" [1 et 37] en fonction de l'âge serait donc intéressant à construire, mais ceci suppose de développer l'observation des comportements au niveau individuel. L'introduction dans l'enquête de Conjoncture d'une question sur le conducteur principal de chaque véhicule, décidée cette année par l'INSEE, va dans ce sens.

En matière de circulation, la longueur des autoroutes est insuffisante pour prendre en compte la capacité des infrastructures. On pourrait améliorer cette mesure en y intégrant leur largeur (surface) ou le nombre des voies ; ceci permettrait de mettre en évidence les aménagements nécessaires sur les routes nationales pour faire face à des débits croissants. L'expérience des Pays-Bas montre que ce facteur peut améliorer les modèles. Il faudrait aussi réfléchir à la manière d'intégrer le phénomène de congestion dans ces prévisions.

L'essentiel est maintenant de réaliser la synthèse entre les deux approches. C'est dans le scénario de croissance rapide des revenus que leur compatibilité pose le plus de problèmes. On retrouve ici la difficulté de bien rendre compte de la reprise actuelle. Il semble que le modèle démographique est le plus robuste. En y analysant les comportements en fonction des évolutions de revenus et de prix, on pourrait lui donner la souplesse des méthodes classiques pour explorer différents scénarios. Il faudrait aussi exploiter l'information structurelle contenue dans ce modèle. Par exemple, la part de la circulation imputable aux ménages dont le chef a plus de 58 ans devrait doubler entre 1980 et 2010, où elle pourrait avoisiner 28 % ; symétriquement celle des "moins de 40 ans" devrait tomber de 48 % à 30 %, ce qui change beaucoup la nature des problèmes en matière de sécurité routière.

On pourrait également explorer le troisième facteur de différenciation des comportements automobiles : la zone de résidence (région, milieu urbain,...). Pour cela, nous avons acquis une certaine expérience dans le cadre du programme de recherches sur "l'Analyse locale de la motorisation". Au niveau d'une grande région, on peut transposer telles quelles les méthodes élaborées au niveau national. Les stratégies résidentielles au cours du cycle de vie (habiter en centre-ville quand on est étudiant, partir en zone péri-urbaine quand on a des enfants et revenir au centre à l'âge de la retraite) complexifie le problème si l'on veut étudier une petite zone.

Enfin, il faut rappeler la fragilité des prévisions dans leur état actuel. Elles supposent notamment la stabilité du cadre réglementaire. L'abaissement de l'âge du permis de conduire stimulerait certainement la circulation ; le modèle démographique pourrait fournir une évaluation de ce phénomène. De même, le contrôle technique obligatoire des vieux véhicules, qui devrait être mis en vigueur prochainement, peut perturber à court terme l'évolution du parc automobile, donc aussi de la circulation.

**Annexe I****LES SERIES STATISTIQUES**

Notre principale source statistique est constituée par les enquêtes INSEE de Conjoncture auprès des Ménages, dont nous disposons des fichiers depuis 1972 pour les enquêtes d'Octobre-Novembre et depuis 1974 pour celles de Mai. Il nous fallait revenir aux fichiers de base pour compter dans chaque ménage le nombre des personnes en âge de conduire (18 ans ou plus) afin de mieux caractériser la motorisation, et pour connaître l'âge précis du chef de ménage afin de suivre chaque génération. A la lumière des observations accumulées depuis le début de ce programme de recherches, nous en avons profité pour revoir les méthodes d'appariement et d'appariement des ménages interrogés deux fois et de leurs voitures. Sur la base de ces données plus fiables, nous avons recalculé les séries d'indicateurs caractérisant l'usage des véhicules (kilométrage moyen par voiture) et l'équipement des ménages en automobile (pourcentage de ménages non équipés, nombre moyen de voitures par ménage) ; nous leur avons adjoint d'autres indicateurs permettant de mieux cerner la motorisation (nombre moyen de voitures par adulte, pourcentage des ménages d'au-moins deux personnes multi-équipés).

## **1 - LA REFONTE DES FICHIERS DE L'ENQUETE DE CONJONCTURE**

Ce travail minutieux a été réalisé par Th. LAMBERT. Il concerne tous les fichiers depuis 1977, c'est-à-dire depuis que l'âge des individus composant le ménage est codé "en clair". Dans les fichiers de Mai, on s'est contenté pour chaque ménage de récupérer l'âge précis de sa personne de référence et de calculer le nombre des individus de plus de 18 ans. Avant, on ne pouvait calculer le nombre des adultes qu'à partir des variables précodées au niveau "ménage": différence entre sa taille (qui ne correspond pas toujours au nombre des personnes décrites) et le nombre d'enfants (d'âge strictement inférieur à 14 ans).

Pour les ménages interrogés deux fois à un an d'intervalle aux enquêtes d'Octobre, on a revu les méthodes d'appariement ; les anciennes méthodes, qui n'ont pas été revues pour les fichiers antérieurs à 1977, ont été décrites au chapitre 1 de la première partie du rapport "L'automobile en période de crise : Motorisation et usage depuis dix ans" [25]. Pour mettre en correspondance les deux réponses du même ménage, la méthode n'a pas beaucoup changé : elle repose toujours sur l'appariement de chaque individu en fonction de son sexe et de son âge. Le traitement des très rares cas où deux ménages ont le même numéro est maintenant

explicite et on a bien amélioré le repérage des cas où la même personne a répondu les deux fois à l'enquêteur. Par ailleurs, on se sert maintenant aussi de la date d'emménagement pour appairer les ménages ; cependant cette information n'est pas suffisante car la personne interviewée peut être un nouveau membre du ménage.

Le décompte des automobiles "décrites" a été amélioré, car on a constaté que parmi les 9 questions portant sur les voitures dont le ménage dispose au moment de l'enquête, le nombre de réponses "sans objet" est toujours strictement inférieur à 4 ou supérieur à 6. On a donc considéré comme décrites les voitures comportant au plus 3 réponses "sans objet". Pour l'appariement des voitures, la principale difficulté se présente chez les ménages multi-motorisés pour lesquels 4 rapprochements sont possibles. Outre l'état (neuf ou d'occasion) et l'année d'acquisition pris en compte par l'ancienne méthode, on a retenu l'année de construction et la catégorie décomposée en marque (Peugeot, Renault,...), modèle (2CV, Golf,...) et type (diesel, GTI,...). La méthode est trop complexe pour être exposée ici en détail ; pour plus de précisions, on se référera à la documentation de nos fichiers. Précisons enfin que 1 à 2 % des appariements, les plus litigieux, sont traités à la main pour les ménages comme pour les voitures.

## 2 - LE CALCUL DES SERIES

Les problèmes méthodologiques liés au calcul d'une série à partir d'un panel sont exposés dans la communication [32]. Comme nos fichiers n'ont été améliorés que depuis 1977, nous avons changé l'année de base pour les calculs de série (antérieurement 1972 ou 1975). Nous avons choisi 1978 qui minimise la "tension" pour la plupart des séries. Deux calculs sont envisageables :

- l'un n'utilisant que les enquêtes d'Octobre donne beaucoup de poids aux évolutions constatées sur les appariés,

- l'autre consiste à ajouter l'échantillon de Mai à celui qui est interrogé pour la première fois en Octobre, soit à en tripler la taille; l'échantillon apparié a alors moins de poids dans le calcul.

Quand on veut mettre en évidence les évolutions annuelles pour l'ensemble des ménages, la première méthode nous semble plus précise ; c'est elle qui a servi à calculer les données globales figurant dans ce rapport. Par contre, pour faire apparaître des évolutions structurelles à partir de ventilations de la population en catégories fines, il convient

d'utiliser les échantillons les plus vastes possibles, donc aussi ceux de Mai ; c'est notamment ce que nous ferons pour suivre le comportement des différentes générations. Un lissage triennal des courbes est alors souvent nécessaire quand les données sont trop fluctuantes, ce qui retire tout intérêt à affiner l'estimation des évolutions annuelles. Les deux types de calcul peuvent donner des résultats un peu différents, notamment en raison des fluctuations saisonnières du parc automobile. Rappelons que le grand nombre de voitures en instance de revente chez les garagistes dégonfle le parc en circulation en fin d'année ; les taux d'équipement sont donc souvent plus faibles en Octobre qu'en Mai.

Nous calculons le parc automobile en multipliant le nombre des ménages par leur taux d'équipement (nombre moyen de voitures par ménage), dont la série est obtenue par la méthode décrite dans la communication [32]. Paradoxalement, la série annuelle du nombre des ménages n'est pas connue avec précision. L'Annuaire Statistique fournit une estimation calculée par interpolation et extrapolation des recensements ; mais la base de population des enquêtes permanentes auprès des ménages montre que les évolutions ne sont pas linéaires. On a donc retenu cette dernière source : l'enquête Emploi (60.000 ménages) depuis 1982 et la moyenne annuelle des trois enquêtes de Conjoncture avant cette date.

**Annexe II****ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE**

Cette analyse bibliographique a été principalement menée à partir des communications à la Conférence Internationale sur les Comportements de Déplacement (La Baume-lès-Aix 20-23 Octobre 1987), notamment de celles présentées à l'atelier 3 "l'Automobile: équipement et usage", dont j'ai été l'un des rapporteurs. Les discussions ont principalement porté sur trois thèmes : les données, les unités statistiques pertinentes (ménage ou individu) et l'interaction entre équipement et usage. La plupart des travaux ont analysé des évolutions, et contribuent donc à éclairer une démarche prospective. Trois modèles de projection ont été présentés pour la Suède [1], les Pays-Bas [2] et la France [3].

## 1 - LES DONNEES

Plusieurs communications ont présenté des modèles très élaborés, mais testés sur des échantillons trop étroits pour qu'on puisse bien en saisir la généralité. L'accord semble être très large sur la supériorité des panels pour mesurer les évolutions. Mais cette méthode ne doit pas être utilisée sans précautions.

Il ne suffit pas de tester que les coefficients du modèle ne sont pas significativement différents avec ou sans échantillon complémentaire destiné à redresser le biais d'usure du panel ; en effet, si les échantillons ne sont pas très vastes, les coefficients ont peu de chance d'être significativement différents [4]. Sans correction de l'usure du panel, on risque d'aboutir aux observations faites sur les enquêtes de Conjoncture citées dans l'annexe I.

Pour qu'un panel reste représentatif à moyen terme, l'idéal semble être de suivre tous les membres des ménages interrogés lors de l'enquête initiale, même s'ils ont déménagé et si les membres du ménage initial se sont dispersés. En effet, les évolutions dans l'équipement et dans les habitudes de déplacement suivent souvent, même si c'est avec un certain retard, un déménagement ou un changement d'emploi [5]. Malheureusement, il est très difficile de retrouver la nouvelle adresse des personnes qui ont déménagé. La méthode de l'INSEE, qui consiste à renouveler les échantillons par moitié, semble donc être un compromis réaliste entre l'observation des évolutions et le maintien de la représentativité de l'échantillon. Contrairement aux enquêtes de cohortes mises en oeuvre aux Pays-Bas [2] ou en Australie [4], elle ne permet cependant pas de suivre les comportements individuels sur une période de plus d'un an.

## 2 - MENAGE OU INDIVIDU.

Au début de sa diffusion, l'automobile était un bien d'équipement du ménage. Le développement de la seconde voiture pourrait conduire à une appropriation plus individuelle de chaque véhicule. L'INRETS [6] a montré que cela n'est vrai que pour les enfants déjà motorisés. L'unité d'observation pertinente est donc toujours le ménage ; mais la cohabitation de générations différentes rend les phénomènes plus complexes, comme on le constate au chapitre III. La voiture n'étant souvent plus un bien unique dans le ménage, il faut mesurer la motorisation par rapport aux personnes en âge de conduire.

Le VTI [1] base ses projections sur des statistiques par individu ventilées par sexe et âge saisies au niveau macro-économique par des comptages administratifs. Cette démarche ne semble pas applicable en France et sur des données micro-économiques, car le revenu, variable capitale dans les modèles de diffusion, peut difficilement être individualisé (impôt sur le revenu par foyer fiscal en France et non prélevé à la source comme en Suède, problème des femmes au foyer sans revenu personnel,...).

De fait, les modèles adoptés dépendent en partie des sources statistiques disponibles. Des données individuelles telles que celles figurant dans l'enquête du CREDOC sur les Conditions de Vie et les Aspirations des Français [7] peuvent s'avérer pertinentes pour aborder des problèmes de sécurité routière [8].

## 3 - INTERACTION ENTRE EQUIPEMENT ET USAGE

Cette question est sous-jacente mais rarement traitée directement dans des modèles généraux [4 et 9]. Elle a aussi été abordée de façon statique et dans des cas particuliers :

- typologie de l'usage chez les ménages bi-motorisés [10],
- conflit d'usage pour se rendre au travail de la voiture unique d'un ménage à deux actifs [11].

La description la plus générale à ce niveau figure dans la communication de l'INRETS [6]. Le texte de KITAMURA [9] présente des résultats intéressants sur la dissymétrie des élasticités "à la hausse" et "à la baisse". Des modèles présentés il ressort que la plupart des élasticités, notamment celle des trafics aux prix des carburants, sont plus faibles que ne le

montrent des calculs directs, quand on complexifie les modèles (prise en compte des effets d'expérience, de l'inertie des comportements,...).

#### 4 - CONFRONTATION DES DIFFERENTES PROJECTIONS

Les deux projections étrangères présentées [1 et 2] ont été réalisées en prenant l'individu et non le ménage comme unité statistique et ne portent que sur la motorisation, donc pas sur l'usage. Le modèle suédois [1] repose sur la projection de propensions à la motorisation et à la démotorisation par sexe et âge. Le modèle néerlandais [2] ajoute le niveau d'éducation, l'activité (actif ou non) et le statut (célibataire ou non) pour caractériser les individus.

La question des seuils de saturation est très controversée. En effet, aux U.S.A. on compte plus d'automobiles que de personnes ayant le permis de conduire ; mais il semble que parmi les automobiles on compte des véhicules à usage très spécifique (quatre-quatre, utilitaires légers, camping-cars,...) dont l'usage n'est pas rigoureusement substituable à celui d'une voiture particulière classique ; on peut donc se demander s'il s'agit du même bien. La saturation est introduite dans le modèle néerlandais par référence aux titulaires du permis dans chaque sous-population. Les représentants de ce pays se sont d'ailleurs montrés intéressés par nos méthodes d'estimation de la saturation pour différentes zones (centre-ville, rural,...) par ajustement de la courbe logistique.

En France et en Suède, la motorisation présente certaines analogies : nombre moyen de voitures par adulte comparable, pourcentages voisins du parc possédé par les entreprises. Malgré des différences fondamentales dans les modèles utilisés [1 et 3], il semble que les projections à l'horizon 2000 réalisées dans ces deux pays aboutissent à des résultats comparables. Aux Pays-Bas, le niveau actuel de la motorisation est plus faible, et nous ne disposons pas pour l'instant d'informations suffisantes sur les scénarios retenus (croissance et dispersion des revenus,...) pour pouvoir comparer les projections.

En dehors de l'atelier 3, de nombreux travaux utiles pour notre sujet ont été présentés à la Baume-lès-Aix, notamment un modèle de choix modal reposant sur l'intelligence artificielle en cours d'élaboration à l'INRETS [12]. Quelques prévisions sur le parc automobile et les trafics ont été réalisées par d'autres organismes [13 et 14].

**Annexe III**

**LES COMPORTEMENTS DE MOTORISATION  
PAR CATEGORIE DE MENAGES**

Ces comportements sont mis en évidence par le modèle de Cramer. Nous analysons ici les variations des paramètres de ce modèle (seuil de saturation, effet du revenu réel, du temps et du prix relatif des voitures neuves), quand on l'ajuste sur différents groupes de ménages distingués selon leur composition ou leur zone d'habitat.

Tous ces paramètres n'ont pas le même statut. Le seuil de saturation doit être déterminé a priori, alors que les autres coefficients sont obtenus par ajustement. Pour l'instant, nous avons déterminé le seuil de saturation par tâtonnement en choisissant la valeur qui donne le plus fort R2. La méthode de détermination par ajustement de la courbe logistique sur un échantillon de zones géographiques homogènes, préconisée dans le projet, a donné des résultats décevants, car il faut prendre en compte la structure sociale des zones quand on descend à un niveau trop fin. Cette méthode présente deux défauts :

- assez souvent, pour le multi-équipement notamment, le R2 varie très peu à l'intérieur d'une plage étendue de seuils de saturation,

- pour beaucoup de groupes de ménages, les seuils de saturation qui maximisent les R2 sont supérieurs à celui qui l'optimise pour l'ensemble des ménages (exemple : nombre moyen de voitures par adulte selon la taille du ménage).

De plus toute méthode de tâtonnement est très lourde. Nous avons aussi tenté une détermination directe du seuil de saturation par ajustement de la courbe logistique sur la série correspondant au quartile supérieur des revenus (le plus proche de la saturation). Mais les séries sont généralement trop instables pour fournir un résultat correct.

Nous avons caractérisé la motorisation par :

- le nombre moyen de voitures par adulte ; ces travaux ayant été réalisés avant la constitution des nouveaux fichiers, il s'agit des personnes de plus de 13 ans, et non de plus de 17 ans comme par la suite. Ceci minore les séries d'un peu moins de 10%.

- le taux d'équipement (pourcentage de ménages équipés),

-le pourcentage de multi-équipés parmi les ménages comptant au moins deux adultes.

Dans cette analyse, nous poursuivons deux objectifs. Nous cherchons à démêler dans les effets du revenu global du ménage seule variable disponible, le facteur niveau de vie et le facteur taille du ménage, qui sont très corrélés. Et, plus généralement, nous cherchons à apprécier comment pourraient évoluer à long terme les paramètres du modèle de Cramer compte tenu des déformations structurelles probables de la population développement du nombre des personnes seules ou de l'habitat péri-urbain (tableau A2), par exemple.

## 1 - COMPOSITION DU MENAGE

Nous avons tout d'abord considéré trois caractéristiques très liées entre elles :

- la taille du ménage (nombre total de personnes),
- le nombre d'adultes (de plus de 13 ans),

le nombre d'unités de consommation, en comptant 1 pour le chef de ménage, 0,7 pour les autres personnes de plus de 13 ans et 0,5 pour les enfants.

Ensuite, nous prendrons en compte une composante un peu différente : le nombre d'actifs.

Pour la motorisation exprimée en nombre moyen d'automobiles par adulte, le seuil de saturation décroît avec la taille du ménage, ce qui traduit une certaine économie d'échelle dans le foyer.

L'effet du revenu décroît avec la taille du ménage. La diffusion temporelle indépendante du revenu est moins différenciée : elle est d'autant plus forte que les adultes sont nombreux dans le ménage; elle doit cependant être faible chez les familles nombreuses, si l'on en juge par sa valeur pour les ménages de 5 personnes ou plus. L'effet du prix des voitures neuves décroît avec la taille du ménage; il n'est pas significatif chez les ménages comptant plus de deux adultes.

L'analyse des taux d'équipement et de multi-équipement confirme les résultats ci-dessus. Il apparait cependant une forte sensibilité du multi-équipement au revenu chez les familles nombreuses.

Suivant le nombre d'actifs du ménage, le taux de saturation de la motorisation est maximal pour deux actifs. L'effet du revenu est d'autant plus faible et la diffusion d'autant plus forte que le nombre d'actifs est élevé. L'effet du prix des voitures neuves n'est significatif que chez les ménages comptant un seul actif.

L'impact des contraintes économiques est donc d'autant plus marqué que le ménage comporte peu d'adultes et peu d'actifs. Dans le cas contraire, la demande de motorisation est forte et la diffusion temporelle indépendante du revenu s'affirme.

## 2 - ZONES D'HABITAT

Nous avons retenu deux hypothèses pour le taux de saturation en le situant sur le segment allant du maximum observé à 100%. L'hypothèse haute correspond à son milieu, l'hypothèse basse à un point situé au sixième de ce segment; cette dernière est compatible avec l'estimation de la saturation France entière.

Les résultats sont assez logiques. Pour la motorisation, l'hypothèse haute ne donne de meilleurs résultats qu'en zone rurale, dans les villes moyennes et en Ile de France (hors Paris). Les seuils de saturation vont bien en croissant quand on s'éloigne du centre des grandes villes. Pour le multi-équipement, c'est une hypothèse basse qui donne les meilleurs résultats en Ile de France (à Paris intra-muros comme hors Paris) et dans le centre des grandes villes de province.

L'effet du revenu est assez uniforme, mais quand même sensiblement moins marqué en zone rurale. L'effet des prix n'est significatif qu'au centre des grandes agglomérations (surtout à Paris), dans les petites villes et dans les communes rurales agricoles. La diffusion temporelle est assez uniforme; elle est seulement plus lente en Ile de France, où elle a commencé plus tôt. On notera la diffusion rapide de la seconde voiture dans les zones rurales péri-urbaines, quelle que soit la taille du bassin d'emploi auquel elles appartiennent.

Ces analyses pourraient permettre d'estimer dans quel sens les transformations structurelles modifieront les paramètres du modèle de Cramer. Malheureusement, ces

indications sont parfois contradictoires : la place croissante des personnes seules renforce l'impact du revenu, alors que le développement des ménages de deux actifs et le retour vers un habitat rural jouent en sens inverse. Il faudrait pousser l'analyse pour pondérer ces différentes évolutions.

**Annexe IV**

**MODELES LOGARITHMIQUES  
ET EN VARIATION RELATIVE ANNUELLE**

Pour comparer avec les modèles linéaires présentés au paragraphe 2-2 du chapitre II, nous avons ajusté les mêmes équations sur les variables exprimées en variation relative annuelle (symboles commençant par V) et en logarithme (symboles commençant par L). Ces deux formulations sont formellement équivalentes : les coefficients sont interprétables en termes d'élasticité. On remarquera cependant que la première repose exclusivement sur une information à court terme (variations annuelles). Une permutation des données ne changerait rien aux ajustements en logarithmes, alors qu'elle perturberait beaucoup le calcul des variations annuelles. Les deux formulations ne sont donc équivalentes que pour des petites variations.

### 1 - MODELES EN VARIATION RELATIVE ANNUELLE

On obtient les modèles suivants ajustés sur 15 évolutions annuelles (de 1973/72 à 1987/86) :

- pour les parcours des véhicules légers sur les autoroutes concédées :

$$\begin{aligned} \text{VCAIUVL} = & 1,03\text{VPARC} + 0,63\text{VR} - 0,29\text{VCARB} + 0,55\text{VL} & R^2 = 0,988 \\ & (0,17) \quad (0,27) \quad (0,05) \quad (0,07) \end{aligned}$$

ou

$$\begin{aligned} \text{VCAIUVL} = & 1,07\text{VPARC} - 0,33\text{VCARB} + 0,62\text{VL} & R^2 = 0,982 \\ & (0,20) \quad (0,05) \quad (0,07) \end{aligned}$$

- pour l'ensemble du trafic sur les autoroutes concédées :

$$\begin{aligned} \text{VCAIU} = & 1,15\text{VPARC} - 0,32\text{VCARB} + 0,65\text{VL} & R^2 = 0,977 \\ & (0,24) \quad (0,07) \quad (0,09) \end{aligned}$$

- pour le trafic total sur les autoroutes non concédées :

$$\text{VCAPU} = 1,3\text{VPARC} + 2,3\text{VR} \quad R^2 = 0,724$$

(0,4)                      (1,0)

- pour l'ensemble du trafic sur routes nationales :

$$\text{VCRN} = 0,47\text{VPARC} + 0,37\text{VR} - 0,20\text{VCARB} \quad R^2 = 0,887$$

(0,09)                      (0,19)                      (0,04)

- pour l'ensemble du trafic sur tout le réseau national :

$$\text{VCTOT} = 0,65\text{VPARC} + 0,45\text{VR} - 0,21\text{VCARB} + 0,15\text{VLA} \quad R^2 = 0,952$$

(0,16)                      (0,24)                      (0,04)                      (0,08)

ou :

$$\text{VCTOT} = 0,66\text{VPARC} - 0,25\text{VCARB} + 0,21\text{VLA} \quad R^2 = 0,937$$

(0,17)                      (0,04)                      (0,07)

Les variables prises en compte expliquent bien les parcours puisque les termes constants ne sont significatifs pour aucun réseau. Nous allons maintenant vérifier que les élasticités sont bien du même ordre de grandeur que celles qui sont mises en évidence à partir des modèles logarithmiques, compte tenu des incertitudes dont les écart-types des coefficients figurant entre parenthèses sous chaque équation fournissent une mesure.

## 2- LES MODELES LOGARITHMIQUES

Nous avons rangé les coefficients dans l'ordre où ils arrivent dans une régression pas à pas (programme REGCAZ du logiciel de l'ADDAD). Sur les 16 points de la période 1972-87, on obtient les ajustements suivants :

- pour les autoroutes concédées :

$$\text{LCAIU} = -11,4 + 0,62\text{LLIU} - 0,28\text{LCARB} + 0,91\text{LPARC} + 0,75\text{LR} \quad R^2 = 0,9988$$

(4,4)                      (0,09)                      (0,08)                      (0,15)                      (0,33)

On peut aussi faire apparaître une élasticité de -0,2 au péage, elle n'est pas significativement différente de zéro. Sans le revenu, on obtient :

$$\text{LCAIU} = -1,64 + 0,78 \text{LLIU} - 0,35 \text{LCARB} + 0,69 \text{LPARC} \quad R^2 = 0,9983$$

(0,98)      (0,07)      (0,09)      (0,13)

Pour les seuls véhicules légers :

$$\text{LCAIUVL} = -11,0 + 0,56 \text{LLIU} - 0,31 \text{LCARB} + 0,91 \text{LPARC} + 0,75 \text{LR} \quad R^2=0,9994$$

(2,8)      (0,06)      (0,06)      (0,10)      (0,21)

Les autoroutes concédées sont le seul réseau pour lequel la formulation linéaire est un peu moins bonne.

- pour les autoroutes non concédées, les ajustements sont médiocres, car les déterminants de ce trafic sont locaux (développement de l'habitat péri-urbain et de la motorisation corrélative), et donc malaisés à caractériser au niveau national. Le modèle logarithmique donne une élasticité au parc un peu supérieure à 1 et une élasticité-revenu excessive (de l'ordre de 3).

- sur les routes nationales :

$$\text{LCRN} = 0,39 \text{LPARC} - 0,18 \text{LCARB} + 0,70 \text{LR} \quad R^2 = 0,9999991$$

(0,02)      (0,02)      (0,04)

- pour le trafic sur l'ensemble du réseau national, les formulations logarithmique et linéaire sont équivalentes :

$$\text{LCTOT} = 0,57 \text{LPARC} + 0,46 \text{LR} - 0,23 \text{LCARB} + 0,21 \text{LLA} \quad R^2 = 0,9999992$$

(0,06)      (0,04)      (0,05)      (0,03)

**Annexe V****SYMBOLES REPRESENTANT LES VARIABLES**

**MODELE DE CRAMER**

r logarithme décimal du revenu réel,

t temps (t=0 pour 1972),

$U_v'$  fractile d'ordre  $v'$  d'une loi normale centrée réduite, avec  $v'$  mesure de la motorisation rapportée à un seuil de saturation.

**MODELES DE TRAFIC**Variables à expliquer

Circulation sur les :

CAIU	Autoroutes concédées (ou Inter-Urbaines)
CAIUVL	idem pour les seuls Véhicules Légers
CAPU	Autoroutes non concédées (ou Péri-Urbaines)
CPN	Routes Nationales
CTOT	Ensemble du réseau national
KMVP	Kilométrage moyen par Voiture

Variables Explicatives :

PARC	Parc automobile des ménages
R	Revenu réel moyen par ménage
CARB	Prix relatif des carburants
PEAG	Tarif relatif des péages autoroutiers
L	Longueur du réseau autoroutier en service au début de chaque année
LAIU	Pour les autoroutes concédées (ou Inter-Urbaines)
LAPU	Pour les non-concédées (ou Péri-Urbaines)

Comme il est précisé à l'annexe IV, les noms de variable précédés de la lettre L désignent des logarithmes et ceux précédés d'un V des variations relatives.

**Annexe VI**

**PROJECTIONS DES TRAFICS SUR LE RESEAU NATIONAL  
VARIANTE : REVENU +3 % PAR AN JUSQU'EN 1992**

Tableau n° 14a

VARIANTE : REVENU + 3 % PAR AN JUSQU'EN 1992  
 PROJECTION DES PARCOURS : VL + PL SUR AUTOROUTES CONCEDEES  
 CROISSANCE LINEAIRE ANNUELLE RAPPORTEE A 1987

Croissance du revenu Prix du carburant	Lente			Médiane			Rapide		
	Haut	Stable	Bas	Haut	Stable	Bas	Haut	Stable	Bas
1990-1995	4.4	4.9	5.4	4.7	5.2	5.7	5.2	5.7	6.2
1995-2000	4.2	4.7	5.2	4.9	5.4	5.8	5.8	6.3	6.8
2000-2005	2.2	2.8	2.6	2.9	3.6	3.3	4.1	4.7	4.5
2005-2010	2.3	3.00	2.2	3.1	3.8	3.1	4.6	5.3	4.

PROJECTION DES PARCOURS : VL + PL SUR ROUTES NATIONALES  
 CROISSANCE LINEAIRE ANNUELLE RAPPORTEE A 1987

Croissance du revenu Prix du carburant	Lente			Médiane			Rapide		
	Haut	Stable	Bas	Haut	Stable	Bas	Haut	Stable	Bas
1990-1995	1.5	1.8	2.1	2.0	2.3	2.6	2.6	2.9	3.2
1995-2000	1.3	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.3	3.6	3.9
2000-2005	1.0	1.4	1.3	2.0	2.4	2.2	3.6	4.0	3.8
2005-2010	1.2	1.6	1.2	2.3	2.8	2.3	4.3	4.8	4.3

PROJECTION DES PARCOURS : VL + PL SUR TOUT LE RESEAU NATIONAL  
 CROISSANCE LINEAIRE ANNUELLE RAPPORTEE A 1987

Croissance du revenu Prix du carburant	Lente			Médiane			Rapide		
	Haut	Stable	Bas	Haut	Stable	Bas	Haut	Stable	Bas
1990-1995	2.7	3.0	3.4	3.1	3.5	3.8	3.6	4.0	4.4
1995-2000	2.5	2.8	3.2	3.2	3.6	3.9	4.3	4.7	5.0
2000-2005	1.5	1.9	1.7	2.3	2.8	2.6	3.7	4.2	4.0
2005-2010	1.6	2.1	1.6	2.6	3.1	2.6	4.4	4.9	4.4

Tableau n°15a

VARIANTE : REVENU + 3 % PAR AN JUSQU'EN 1992  
 PROJECTION EN DEBIT : VL + PL SUR AUTOROUTES CONCEDEES  
 CROISSANCE LINEAIRE ANNUELLE RAPPORTEE A 1987

Croissance du revenu Prix du carburant	Lente			Médiane			Rapide		
	Haut	Stable	Bas	Haut	Stable	Bas	Haut	Stable	Bas
1990-1995	2.9	3.4	3.9	3.2	3.8	4.3	3.7	4.2	4.7
1995-2000	2.8	3.3	3.7	3.4	3.9	4.4	4.3	4.8	5.3
2000-2005	1.9	2.6	2.3	2.6	3.3	3.0	3.8	4.5	4.2
2005-2010	2.0	2.7	2.0	2.8	3.6	2.8	4.3	5.1	4.3

PROJECTION EN DEBIT : VL + PL SUR ROUTES NATIONALES  
 CROISSANCE LINEAIRE ANNUELLE RAPPORTEE A 1987

Croissance du revenu Prix du carburant	Lente			Médiane			Rapide		
	Haut	Stable	Bas	Haut	Stable	Bas	Haut	Stable	Bas
1990-1995	1.5	1.8	2.1	2.0	2.3	2.6	2.6	2.9	3.2
1995-2000	1.3	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.3	3.6	3.9
2000-2005	1.0	1.4	1.3	2.0	2.4	2.2	3.6	4.0	3.8
2005-2010	1.2	1.6	1.2	2.3	2.8	2.3	4.3	4.8	4.3

PROJECTION EN DEBIT : VL + PL SUR TOUT LE RESEAU NATIONAL  
 CROISSANCE LINEAIRE ANNUELLE RAPPORTEE A 1987

Croissance du revenu Prix du carburant	Lente			Médiane			Rapide		
	Haut	Stable	Bas	Haut	Stable	Bas	Haut	Stable	Bas
1990-1995	1.8	2.2	2.6	2.3	2.6	3.0	2.8	3.2	3.5
1995-2000	1.6	2.0	2.3	2.4	2.8	3.1	3.5	3.9	4.2
2000-2005	1.2	1.7	1.5	2.1	2.6	2.4	3.5	4.0	3.8
2005-2010	1.4	1.9	1.3	2.4	2.9	2.4	4.2	4.7	4.2

**BIBLIOGRAPHIE**

**COMMUNICATIONS A LA CONFERENCE INTERNATIONALE  
SUR LES COMPORTEMENTS DE DEPLACEMENT**

la Baume-lès-Aix, Octobre 1987:

- [ 1 ] J-O. JANSSON "Car Ownership in Sweden 1950-2010 : a new approach to Car Demand Modelling and Forecasting".
- [ 2 ] A. VAN DEN BROECKE, G. VAN LEUSDEN "Long Term Forecasting of Car Ownership with the Cohort Processing Model".
- [ 3 ] J-L. MADRE "Description et Modélisation de la Motorisation et de l'Usage de l'Automobile".
- [ 4 ] D-A. HENSHER, P-O. BARNARD, N-C. SMITH, F-W. MILTHORPE "Modeling the Dynamics of Car Ownership and Use: a Methodological and Empirical Synthesis".
- [ 5 ] M. ONNEN, C. VAN KNIPPENBERG, T. VAN DER HOORN. "Why do people Buy Cars?".
- [ 6 ] P-E. BARJONET, L. HIVERT, J-F. LEFOL, J-P. ORFEUIL, P. TROULAY. "l'Automobile Usages et Usagers".
- [ 7 ] F. BOSCHER, B. FERR, F. POTIER "la place de l'Automobile dans les Conditions de Vie des Ménages".
- [ 8 ] S. BASTIDE, T. BRENAC "Risque d'Accident et Perception de Risques : de l'objectif au subjectif".
- [ 9 ] R. KITAMURA "Determinents of Car Ownership and Utilization : a Dynamic Analysis".

- [10] E.-I. PAS "Vehicule Usage Paterns in Two-Car Households : Identification and Analysis of Homogeneous Market Segments".
- [11] S. ALGERS ,S. WIDLERT "Restricted Car Availability and Mode Choice - A Household Interaction Phenomenon".
- [12] L. HIVERT, M.-H. MASSOT, J.-P. ORFEUIL, P. TROULAY "La mobilité aujourd'hui et demain : Nouveaux enjeux, nouveaux paradigmes".
- [13] M. HOUEE "la Prospective 2005 appliquée aux Transports de Voyageurs".

### AUTRES REFERENCES

- [14] Observatoire de l'Energie "les Perspectives Energétiques de la France à l'Horizon 2000". Avril 1987.
- [15] A. BIEBER "le Projet "ARISE" sur les perspectives d'introduction de l'Informatique avancée dans les systèmes de Transports Routiers" R.T.S. n°15, Septembre 1987.
- [16] M. GLAUDE, M. MOUTARDIER "Projection de la Demande d'Automobiles pour 1980 et 1985" les Collections de l'INSEE série M n°64.
- [17] Ph. L'HARDY et D. DARMONT "Consommation : Santé et Loisirs au premier plan" Economie et Statistiques n°190 Juillet-Août 1986.

Dans le même numéro on trouve des articles très intéressants sur les projections démographiques.

- [18] C. LOUVOT "Projection du nombre des Ménages à l'horizon 2010" les Collections de l'INSEE série M n° 129.
- [19] J.-P. ORFEUIL, L. HIVERT, P. TROULAY "Mobilité et Equipement des ménages : quelques enseignements issus d'enquêtes statistiques nationales" R.T.S. n°11 Septembre 1986.

- [20] G. LATAPIE, J-F. LEFOL "Enquête Transports 1981-82 : la Motorisation des Ménages", C.S.C.A. 1987.
- [21] G. CAPLAIN, P. LEBACQUE "Etude de la Motorisation des ménages par l'analyse Probit" rapport de recherche n°75 INRETS Avril 1985.
- [22] M. FRYBOURG, R. PRUD'HOMME "l'Avenir d'une Centenaire : l'Automobile" P.U.L. 1984.
- [23] Rapport du MIT : Ed D.ROOS, A. ALTSHULER "L'avenir de l'automobile" traduction de M. AMOUYEL Economica - Septembre 1985.
- [24] T. AMATOUSSE, J-L. MADRE "L'automobile en période de crise : le parc et ses utilisations" rapport CREDOC 1986.
- [25] J-L. MADRE "L'automobile en période de crise : Motorisation et usage depuis dix ans" rapport CREDOC 1984.
- [26] J-L. MADRE "L'automobiliste traverse la Crise" Consommation n°2 1985-86
- [27] J-L. MADRE. "L'automobile et le comportement des ménages face à la crise" Les Cahiers Scientifiques des Transports 1985.
- [28] G. BESSAY. "Perspectives Transports 2005". O.E.S.T. 1988.
- [29] J. DESABIE. "Théorie et pratique des sondages" Dunod 1967.
- [30] W.G. COCHRAN. "Sampling Techniques" John Wiley and sons 1963.
- [31] M. HOUEE "Impact de la mise en service de l'autoroute des Deux Mers sur la concurrence rail-Route de l'axe Bordeaux-Narbonne : rapport de Synthèse" O.E.S.T. 1987.
- [32] J-L. MADRE "le Suivi du comportement automobile des ménages à l'aide d'un Panel" communication aux Deuxièmes Journées d'Etude sur l'Utilisation des Données de Panel (Université Paris-Val-de-Marne) 6-7 Juin 1988.

- [33] D. BERLAND, D. POSTEL, L. SARDAIS "Les déplacements automobiles interurbains des ménages : document de Synthèse" SETRA - Juin 1987.
  
- [34] A. VILLENEUVE "L'équipement des ménages en automobiles : enquête transports 1967". Les Collections de l'INSEE, série M n°16.
  
- [35] THI NGUYEN HUU "Le parc automobile des ménages : enquête transports 1973-74". Les Collections de l'INSEE, série M n° 65-66.
  
- [36] G. THIRY, A. LOISEL "Etude sur l'Utilisation de l'automobile par les ménages français en 1985" A.G.S.A.A.
  
- [37] J-O. JANSSON "Car Ownership Entry and Exit Propensities of different Generations - a Key Factor for the development of the total Car Fleet". Oxford Conference on Travel and Transportation - Juillet 1988.
  
- [38] Compte-Rendu de Réunion du Groupe "Circulation France Entière", Observatoire National de Sécurité Routière, 5 Janvier 1987.

Mai 1989

N° 60



## Sont récemment parus

- ▶ Analyse locale de la motorisation, par Jean-Loup Madre, Thierry Lambert, Brigitte Francq, N° 54, Décembre 1988.
  - ▶ Le bricolage pour la maison et les rapports entre consommateurs et artisans, par Bernard Zarca, N° 55 décembre 1988.
  - ▶ La rénovation de l'enseignement professionnel et l'utilisation des mesures "jeunes" face aux évolutions de l'emploi féminin, par Bernard Simonin, N° 56, Mars 1989.
  - ▶ "Conditions de vie et aspirations des Français", La "Post modernité" des Français - La trajectoire des opinions de 1978 à 1987, par l'Equipe Aspirations", N° 57, Mars 1989.
  - ▶ "Conditions de vie et aspirations des Français", Premiers résultats de la phase XI, Automne 1988, par l'Equipe "Aspirations", N° 58, Mars 1989.
  - ▶ Les moins de vingt ans sans qualification, Conditions de vie et attitudes vis-à-vis des dispositifs d'insertion, par Denise Bauer et Patrick Dubechot, N° 59, Avril 1989.
- 